HANDBUCH
DER
PFLANZEN-
KRANKHEITEN

BAND VI

3. LIEFERUNG

CAB INTERNATIONAL
MYCOLOGICAL INSTITUTE
LIBRARY

IMI \ Books / SOR

COMMONWEALTH MYCOLOGICAL INSTITUTE
D.M. 190
15 DEC 1960
R

HANDBUCH DER PFLANZENKRANKHEITEN

Begründet von

PAUL SORAUER

In sechs Bänden herausgegeben

von

Prof. Dr. Dr. h. c. OTTO APPEL †
Geh. Reg.-Rat, Präsident a. D.
der Biologischen Reichsanstalt
für Land- und Forstwirtschaft in Dahlem

Prof. Dr. Dr. h. c. HANS BLUNCK †
ehem. Direktor des Instituts für
Pflanzenkrankheiten der Universität Bonn

Prof. Dr. BERNHARD RADEMACHER
Direktor des Instituts für Pflanzenschutz
der Landwirtschaftlichen Hochschule Hohenheim

Prof. Dr. HARALD RICHTER
Präsident der Biologischen Bundesanstalt
für Land- und Forstwirtschaft in Braunschweig

SECHSTER BAND
PFLANZENSCHUTZ

Zweite Auflage

herausgegeben von

Prof. Dr. HARALD RICHTER

DRITTE LIEFERUNG

1961

PAUL PAREY

Verlag für Landwirtschaft, Veterinärmedizin, Gartenbau und Forstwesen

BERLIN UND HAMBURG

BIOLOGISCHE SCHÄDLINGSBEKÄMPFUNG

bearbeitet von

Dr. rer. nat. JOST M. FRANZ
Oberregierungsrat
Leiter des Instituts für Biologische Schädlingsbekämpfung der Biol. Bundesanstalt in Darmstadt

DIE TECHNISCHEN MITTEL DES PFLANZENSCHUTZES

bearbeitet von

Dr.-Ing. HANS KOCH
Regierungsrat
Leiter des Instituts für Geräteprüfung der Biologischen Bundesanstalt in Braunschweig

Dr. rer. nat. HANS GOOSSEN
Landwirtschaftsrat
Mitarbeiter am Pflanzenschutzamt in Münster

Mit insgesamt 380 Abbildungen

VERLAG PAUL PAREY · BERLIN UND HAMBURG

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des auszugsweisen Nachdrucks und der photomechanischen Wiedergabe, vorbehalten.
© Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg, 1961. Printed in Germany by Wilhelm Greve GmbH., Berlin SW 61

ÜBERSICHT ÜBER DAS GESAMTWERK

(Stand 1. 1. 1961)

I. Band: ***Die nichtparasitären Krankheiten***
7. Auflage in 4 Lieferungen in Vorbereitung

II. Band: ***Die Virus- und bakteriellen Krankheiten***
6. Auflage in 2 Lieferungen
1. Lieferung: Viruskrankheiten, 1954. 786 S. m. 326 Abb. . . Ganzln. DM 150,—
2. Lieferung: Bakterielle Krankheiten, 1956. 575 S. m. 179 Abb. Ganzln. DM 124,—

III. Band: ***Die pflanzlichen Parasiten, 2. Teil*** *(Pilzkrankheiten)*
5. Auflage 1932. 948 S. m. 195 Abb. . . . . Ganzln. DM 66,—

IV. Band: ***Tierische Schädlinge an Nutzpflanzen, 1. Teil***
5. Auflage in 2 Lieferungen
1. Lieferung: Protozoa und Metazoa partim, 1949. 458 S. m. 210 Abb. Ganzln. DM 44,—
2. Lieferung: Trichoptera und Lepidoptera, 1953. 526 S. m. 154 Abb. Ganzln. DM 116,—

V. Band: ***Tierische Schädlinge an Nutzpflanzen, 2. Teil***
5. Auflage in 5 Lieferungen
1. Lieferung: Diptera und Hymenoptera, 1953. 320 S. m. 89 Abb. Ganzln. DM 80,—
2. Lieferung: Coleoptera, 1954. 608 S. m. 157 Abb. . . . . Ganzln. DM 144,—
3. Lieferung: Heteroptera und Homoptera I. Tl. 1956. 408 S. m. 128 Abb. Ganzln. DM 94,—
4. Lieferung: Homoptera II. Tl. *(Aphidoidea, Coccoidea)* 1957. 586 S. m. 257 Abb. Ganzln. DM 147,—
5. Lieferung: Vertebrata, 1958. 414 S. m. 134 Abb. . . . . Ganzln. DM 88,—

VI. Band: ***Pflanzenschutz***
2. Auflage in 4 Lieferungen
1. Lieferung: Wirtschaftliche Bedeutung und Hygiene des Pflanzenschutzes, 1952. 464 S. m. 3 Abb. . . . . Ganzln. DM 78,—
2. Lieferung: Physikalische und chemische Bekämpfungsmaßnahmen. In Vorbereitung
3. Lieferung: Biologische Schädlingsbekämpfung — Die technischen Mittel des Pflanzenschutzes, 1961. 643 S. m. 380 Abb. . . . . Ganzln. DM 190,—
4. Lieferung: Bewertung des Saat- und Pflanzgutes — Anbau und Züchtung krankheitsresistenter Sorten — Pflanzenschutzgesetzgebung — Pflanzenschutzorganisationen — Pflanzenschutzliteratur. In Vorbereitung

Die Lieferungen der Bände I, II, IV, V und VI sind einzeln käuflich. Besteller, die sich zur Abnahme aller Lieferungen eines dieser Bände verpflichten, erhalten auf die angegebenen Preise des betreffenden Bandes einen Nachlaß von 10 Prozent

VORWORT ZUR ZWEITEN AUFLAGE

Rund 20 Jahre sind vergangen, seit die erste Auflage des sechsten Bandes dieses Handbuches erschien, in dem das Gesamtgebiet des Pflanzenschutzes, also die Maßnahmen, Verfahren, Mittel und Geräte zur Verhütung und Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten und Schädlinge, behandelt wird. Damals konnte dieser sechste Band noch in zwei Halbbänden herausgegeben werden. Inzwischen ist die einschlägige Weltliteratur derart angeschwollen, daß sie von den einzelnen Forschern kaum noch übersehen und verfolgt werden kann. Dieser Tatsache mußte bei der Neuherausgabe Rechnung getragen werden. Wenn auch angestrebt wurde, den Umfang des Werkes nicht allzusehr zu vergrößern, war eine gewisse Ausweitung nicht zu umgehen, und es erschien zweckmäßig, den sechsten Band nunmehr in vier in sich abgeschlossenen Einzellieferungen herauszubringen, von denen die erste bereits 1951 erschienen ist.

Die jetzt vorliegende dritte Lieferung umfaßt die beiden großen Kapitel „Biologische Schädlingsbekämpfung", bisher 120, jetzt 302 Seiten, und „Die technischen Mittel des Pflanzenschutzes", bisher 184, jetzt 252 Seiten. Die in den letzten Jahrzehnten gewonnenen vielseitigen neuen wissenschaftlichen und praktischen Erkenntnisse und die beachtlichen technischen Fortschritte zwangen zur völligen Neubearbeitung des Stoffes. Da von den Verfassern der ersten Auflage einige nicht mehr am Leben sind und einige durch andere Umstände nicht mehr in der Lage waren, die Neuauflage selbst zu besorgen, mußten dafür neue Mitarbeiter gewonnen werden. Für das Fachgebiet der biologischen Bekämpfungsverfahren zeichnet der Leiter des Instituts für biologische Schädlingsbekämpfung der Biologischen Bundesanstalt in Darmstadt, Herr Oberregierungsrat Dr. Franz, verantwortlich, der nicht nur seit vielen Jahren auf diesem speziellen Arbeitsgebiet tätig ist, sondern der auch Gelegenheit hatte, auf einer Studienreise nach Canada und den USA die einschlägigen Probleme dort an Ort und Stelle zu studieren. Die Darstellung der technischen Mittel des Pflanzenschutzes stellt eine Gemeinschaftsarbeit der Herren Regierungsrat Dr. Koch und Landwirtschaftsrat Dr. Goossen dar. Die beiden Bearbeiter ergänzen sich insofern besonders glücklich, als Herr Dr. Koch als Diplomingenieur und Leiter des Instituts für Geräteprüfung der Biologischen Bundesanstalt in Braunschweig über besondere technische Kenntnisse und Erfahrungen verfügt, während Herr Dr. Goossen als Mitarbeiter des Pflanzenschutzamts der Landwirtschaftskammer Westfalen/Lippe in Münster mit dem Einsatz der Pflanzenschutzgeräte in der Praxis bestens vertraut ist.

Im Gegensatz zur ersten Auflage ist die Literatur nicht mehr in Form von Fußnoten zitiert, sondern es wurden je nach Bedarf und Zweckmäßigkeit nach einzelnen Abschnitten entsprechende Literaturverzeichnisse in den Text eingefügt. Bei der Fülle des Stoffes war es auch nicht annähernd möglich, die vorhandene Fachliteratur vollständig anzuführen. Es mußte vielmehr häufig, besonders im Hinblick auf das ältere Schrifttum, von der Möglichkeit des Hinweises auf bereits vorhandene Literaturübersichten Gebrauch gemacht werden.

Um die Benutzung des Buches zu erleichtern, ist wiederum auf die sorgfältige Erschließung des Stoffes durch umfangreiche Schlagwortverzeichnisse besonderer Wert gelegt worden. Da die vorliegende Lieferung zwei in sich geschlossene Sachgebiete umfaßt, sind ihr erstmalig z w e i getrennte, alphabetische Sachregister angefügt worden, die von Herrn Dr. SCHUHMANN, Berlin-Dahlem, erstellt wurden und die, so hoffe ich, den Lesern willkommen sein werden.

Es ist mir ein Bedürfnis, den Bearbeitern dieser Lieferung für ihre mühevolle Arbeit bestens zu danken. Besonderer Dank gebührt auch dem Verlag, der nicht nur der notwendig gewordenen Erweiterung des Umfanges zugestimmt hat, sondern auch allen Wünschen hinsichtlich der Ausstattung des Buches jederzeit bereitwilligst entgegengekommen ist.

Möge auch dieser Band allen nützlich sein, die sich, sei es als Wissenschaftler, sei es als Praktiker, mit Fragen des Pflanzenschutzes zu befassen haben. Möge er vor allem dazu anregen, die praktische Pflanzenschutzarbeit weiter zu verbessern und zu vertiefen, damit die durch Krankheiten und Schädlinge verursachten mengen- und qualitätsmäßigen Minderungen unserer Ernteerträge weiter gesenkt werden können. Es ist wohl auch bei dieser Auflage kaum damit zu rechnen, daß sie völlig frei von Mängeln und Fehlern ist. Herausgeber und Verlag werden daher für entsprechende Hinweise sowie für Verbesserungsvorschläge jederzeit dankbar sein.

Berlin-Dahlem, im November 1960

H. RICHTER

INHALT

Zweiter Abschnitt: Die Aufgaben des Pflanzenschutzes (Fortsetzung)

II. Die Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten und -schädlinge (Fortsetzung)

C. Biologische Schädlingsbekämpfung. (Von Oberregierungsrat Dr. rer. nat. Jost M. Franz, Darmstadt) 1

1. Einleitung 1
   a) Definition 1
   b) Geschichte 3
      aa) Verwendung von Metazoen 4
      bb) Verwendung von Mikroorganismen 6
   c) Organisation 7
      aa) Nationale (staatliche und private) Organisationen: Nordamerika (USA: Bundesstellen; Einzelstaaten bzw. -territorien; private Organisationen); (Kanada); Südamerika; Afrika; Australien; Eurasien 7
      bb) Internationale Organisationen: Commonwealth Institute of Biological Control; Internationale Kommission für Biologische Schädlingsbekämpfung (C.I.L.B.) 11
   Literatur zu 1. 12

2. Grundlagen der biologischen Bekämpfung 15
   a) Die Typen der biologischen Bekämpfung 15
   b) Grenzfälle 17
   c) Die bevölkerungswissenschaftlichen Grundlagen der biologischen Bekämpfung 18
      aa) Populationsdynamik 19
         α) Zeitlicher Ablauf der Häufigkeitsänderungen 19
         β) Räumlicher Ablauf der Häufigkeitsänderungen 20
         γ) Die Ursachen der Populationsdichteschwankungen 21
      bb) Das natürliche Gleichgewicht 23
   Literatur zu 2. 31

3. Verwendung von Mikroorganismen 35
   a) Mikroorganismen gegen Schadinsekten 35
      aa) Allgemeine Insektenpathologie 35
         α) Einleitung 35
         β) Infektionsweg 35
         γ) Infektionsverlauf 36
            $\alpha\alpha$) Vom Erreger beeinflußt 36
            $\beta\beta$) Vom Wirtsinsekt beeinflußt 37
         δ) Resistenz, Immunität, Toleranz 37
         ε) Latenz 38
         ζ) Synergismus 39
         η) Symptome 40
         ϑ) Nachweis und Diagnose 41
      bb) Die Rolle von Krankheiten beim Massenwechsel von Insekten . . 42
   Literatur zu 3, a, aa und 3, a, bb 49

cc) Mikrobiologische Bekämpfung von Schadinsekten 51
α) Allgemeines 51
αα)—ηη) Vorteile 52
αα')—ηη') Nachteile 54
Literatur zu 3, a, cc, α 56
β) Verwendung von insektenpathogenen Viren 57
αα) Typen insektenpathogener Viren 57
ββ) Aufbau und Vermehrung 57
γγ) Spezifität, Resistenz, Toleranz 62
δδ) Diagnose 63
εε) Massenproduktion und künstliche Verbreitung 64
ζζ) Beispiele für die praktische Nutzung 65
(I) Kernpolyedrosen der Lepidopteren 65
(II) Kernpolyedrosen der Hymenopteren 67
(III) Granulosen der Lepidopteren 68
(IV) Plasmapolyedrosen der Lepidopteren 69
Literatur zu 3, a, cc, β 69
γ) Verwendung insektenpathogener Protozoen 72
αα) Typen insektenpathogener Protozoen 72
ββ) Aufbau und Vermehrung 72
γγ) Spezifität — Resistenz 73
δδ) Diagnose 75
εε) Massenproduktion und Verbreitung 75
ζζ) Beispiele für die Nutzung bei biologischer Bekämpfung . 76
Literatur zu 3, a, cc, γ 77
δ) Verwendung insektenpathogener Bakterien 79
αα) Typen insektenpathogener Bakterien 79
ββ) Morphologie und Pathologie 79
γγ) Massenproduktion und künstliche Verbreitung 81
δδ) Beispiele für die praktische Nutzung 82
(Pseudomonadales 82 — Eubacteriales 83)
Literatur zu 3, a, cc, δ 87
ε) Verwendung insektenpathogener Pilze 90
αα) Typen und Vermehrung insektenpathogener Pilze 90
ββ) Infektion und Pathologie 91
γγ) Immunität und Resistenz 93
δδ) Diagnose, Isolierung und Kultur 93
εε) Massenproduktion 94
ζζ) Verbreitung 94
ηη) Verträglichkeit mit Pflanzenschutzmitteln 95
ϑϑ) Nebenwirkungen 96
ιι) Förderung durch Kulturmaßnahmen 97
κκ) Zukunftsaussichten 98
λλ) Beispiele für die praktische Nutzung 101
Literatur zu 3, a, cc, ε 101
b) Mikroorganismen gegen Wirbeltiere 104
aa) Verwendung von Bakterien 104
bb) Verwendung von Viren 105
Literatur zu 3, b 108
c) Mikrobiologische Bekämpfung von Mikroorganismen 110
Literatur zu 3, c 111

4. Verwendung von Arthropoden gegen Schadinsekten und Milben 112
a) Grundlagen 112
aa) Parasiten und Prädatoren (Typen der Parasiten und des Parasitismus) 112
bb) Gegenseitige Beziehungen der Entomophagen 116
α) Konkurrenz 116
β) Gegenseitige Störung 119
γ) Gegenseitige Förderung 121
δ) Hyperparasitismus 122
αα) Sekundärparasitismus 122
ββ) Tertiärparasitismus 123
cc) Suchfähigkeit und Spezifität von Entomophagen 124
α) Suchaktivität 125
β) Suchfähigkeit und Spezifität 125
αα) Das Finden des Beute-/Wirts-Habitats 127
ββ) Das Finden und Erkennen der Beute/Wirte 129
γγ) Die Annahme der Beute/Wirte 129
δδ) Die Beute-/Wirts-Eignung 132
dd) Einfluß von Umweltfaktoren auf Entomophagen 133
α) Der Einfluß des Wirtes 134
αα) Das Wirt-Parasit-Verhältnis 134
(I) Gelegentlicher Parasitismus 134
(II) Ökologisch unvollständiger Parasitismus 134
(III) Mechanisch unvollständiger Parasitismus 137
(IV) Chemisch unvollständiger Parasitismus 137
(V) Physiologisch unvollständiger Parasitismus . . . 139
ββ) Weitere Einflüsse des Wirtes auf: 139
(I) Eizahl der Parasiten 139
(II) Größe der Parasiten 139
(III) Geschlechterverhältnis 139
(IV) Körperbau 140
(V) Verhalten 140
(VI) Wirtswahl 140
(VII) Sterblichkeit 141
(VIII) Abwehrreaktionen des Blutes 141
β) Der Einfluß der Nahrung 142
αα) Bei räuberischen Arthropoden 143
(I) Honigtau 143
(II) Andere Nahrung 144
(III) Beutedichte 144
ββ) Bei Parasiten 145
(I) Larven 145
(II) Polyembryonie 146
(III) Einfluß der Ernährung 147
(IV) Imagines 147
(V) Fressen am Wirt 148
γ) Der Einfluß von Klima und Witterung 148
αα) Prädatoren 149
ββ) Parasiten 149
ee) Die Regulierung von Eierzeugung und Geschlechterverhältnis bei Schlupfwespen 151

α) Erzeugung und Ablage der Eier 151
β) Geschlechterverhältnis 153
ff) Die Wirksamkeit der Entomophagen 156
α) Eigenschaften wirksamer Entomophagen 156
β) Überlegenheit von Prädatoren oder Parasiten 156
γ) Gregärparasiten 157
δ) Fressen der Parasitenweibchen am Wirt 158
ε) Monophagie — Polyphagie 159
ζ) Wirksamkeit des Entomophagen-Komplexes 160
η) Relativität der Wirksamkeit von Entomophagen 161
Literatur zu 4, a 163
b) Anwendung 171
aa) Verwendung einheimischer Entomophagen 171
bb) Verwendung importierter Entomophagen 173
α) Beschaffung, Auswahl und Versand von Entomophagen aus entfernten Gebieten 174
αα) Bestimmung und Herkunft des Schädlings 174
ββ) Örtlichkeit zum Sammeln einzuführender Entomophagen 175
(I) Seltenheit 175
(II) Ökologische Bedingungen 175
γγ) Kennenlernen und Auswählen geeigneter Entomophagen . 176
δδ) Beobachten, Züchten und Sammeln 177
εε) Determination 178
ζζ) Wahl der geeigneten Arten 178
ηη) Import mehrerer Arten 180
ϑϑ) Eingeführte Nutzarthropoden gegen heimische Schädlinge 181
ιι) Übertragung von Parasiten aus anderen Wirten 182
κκ) Anbieten von Wirten in fremden Faunenbereichen 183
λλ) Sammlung von Entomophagen für den Versand 183
μμ) Verpackungs- und Versandmethoden 187
(I) Versand im Eistadium 187
(II) Versand im Larvenstadium 188
(III) Versand im Puppen- bzw. Kokonstadium 188
(IV) Versand der Imagines 189
β) Vorsichtsmaßnahmen beim Empfang von Entomophagen . . 190
αα) Einrichtung eines Insektariums 190
ββ) Geräte zur Zucht der Entomophagen 192
γγ) Verfahren beim Empfang 193
γ) Ansiedlung von Entomophagen 194
αα) Zahl der Individuen 194
ββ) Zeitpunkt der Freilassung 195
γγ) Stadium der Entomophagen bei der Freilassung 195
(I) Eier oder junge Larven 195
(II) Erwachsene Larven oder Puppen in toten Wirten . 195
(III) Larven oder Puppen in ihren Kokons oder Puparien 195
(IV) Unbegattete Imagines 196
(V) Begattete Weibchen 196
δδ) Witterungsbedingungen 196
εε) Dauer der Ansiedlungsversuche 196
ζζ) Sammlung nach dem Einbürgerungsversuch 197
ηη) Beispiele 201

cc) Verwendung einheimischer und importierter Entomophagen . . 201
α) Erhaltung und Förderung bestimmter Nutzarthropoden . . 201
αα) durch Änderung der Lebensbedingungen 202
(I) Futterpflanzen für Entomophagen 202
(II) Verstecke für Entomophagen 203
(III) Günstigere mikroklimatische Bedingungen 203
(IV) Lockpflanzen 203
(V) Andere Pflanzenwirkung 203
(VI) Bodenbearbeitung 204
(VII) Zwischenwirte 204
ββ) durch Schonung bei technischer Bekämpfung 204
(I) Allgemeines 204
(II) Verfahren (Vermeiden von Routinespritzungen; Dosierung und Wahl der Mittel [Dosierung; Wahl der Mittel; Beispiele]; Zeitwahl; Örtliche Konzentration; Übrige Verfahren; Abwehr schädlicher Ameisen) 206
β) Zucht von Entomophagen 214
αα) Massenzucht 214
(I) Herkunft und Art der Wirte/Beutetiere (Im Freiland gesammelte Wirte/Beutetiere; Im Laboratorium gezüchtete natürliche Wirte; Im Laboratorium gezüchtete Ersatzwirte) 215
(II) Die rationelle Massenzucht 215
(III) Praktische Durchführung der Zuchten (Dauerkontakt; Zeitlich begrenzter Kontakt; Periodischer Kontakt) 216
(IV) Technische Einzelheiten (Substrat für Wirtszuchten; Gute Wirte/Beutetiere; Bekämpfung von Krankheiten und Schadarthropoden im Insektarium; Temperatur und Feuchtigkeit; Kopulation; Ernährung der Entomophagen; Inzucht; Umsetzen und Abfangen von Entomophagen-Imagines; Ein Beispiel; Zahlenbeispiele für Massenzuchten) 218
ββ) Selektion besserer Rassen 222
(I) Verbesserungswürdige Eigenschaften 223
(II) Variabler Ausgangsstamm 223
(III) Verfahren 223
(IV) Erhaltung 224
(V) Beispiele für Auslesezuchten 224
γ) Einsatz von Entomophagen 225
αα) Verfrachtung 225
(I) Verfrachtung neu eingeführter Nützlingsarten . . 226
(II) Verfrachtung bei schnellerer Ausbreitung von Phytophagen im Vergleich zu heimischen oder eingeführten Entomophagen 226
(III) Verfrachtung einheimischer, neu adaptierter Entomophagen 227
(IV) Verfrachtung von Ameisen 227
ββ) Periodische Freilassungen 229
(I) Anreicherung (Im Freiland gesammelte Tiere; Im Insektarium gezüchtete Entomophagen; Versuche mit *Trichogramma*-Arten) 230
(II) Überschwemmung 233
γγ) Anreicherung von Wirten 234
δ) Biologische Bekämpfung im Gewächshaus (Vorteile; Nachteile; Beispiele) 234
dd) Erfolgskontrolle 237

α) Beobachtungen an Entomophagen 238
αα) Erkennen der Entomophagen-Tätigkeit 238
ββ) Wertung der Mortalitätszahlen 239
β) Versuche mit Entomophagen 239
αα) Vergleich natürlicher Zonen mit und ohne Entomophagen 240
ββ) Vergleich künstlicher Zonen mit und ohne Entomophagen 240
(I) Schaffung feindfreier Bereiche (Mechanische Abschirmung; Chemische Abschirmung; Biologische Abschirmung; Absammeln der Entomophagen) 241
(II) Aussetzen von Phytophagen 243
Literatur zu 4, b 243

5. Verwendung von anderen Evertebraten und Sonderfälle 258
a) Nematoden gegen Arthropoden 258
b) Oligochaeten und Nematoden gegen Nematoden 259
c) Pflanzen gegen Nematoden 259
aa) Pilze 259
bb) Höhere Pflanzen 260
d) Biologische Schneckenbekämpfung 260
aa) Phytophage Schnecken 260
bb) Zwischenwirte menschlicher und tierischer Parasiten 260
e) Algen gegen Insekten 261
Literatur zu 5 261

6. Verwendung von Wirbeltieren 262
a) Fische 263
b) Amphibien und Reptilien 264
Literatur zu 6, a 264
Literatur zu 6, b 265
c) Vögel 266
aa) Einfuhr fremder Vogelarten 266
bb) Förderung und Vermehrung einheimischer Vogelarten 266
α) Methoden zur Steigerung der Siedlungsdichte 268
β) Prüfung der wirtschaftlichen Bedeutung von Vögeln 269
γ) Bewertung der Vögel als Mortalitätsursache 272
Literatur zu 6, c 274
d) Säugetiere 278
Literatur zu 6, d 279
e) Haustiere 279
Literatur zu 6, e 280

7. Biologische Unkrautbekämpfung 281
a) Schaden der Unkräuter und Aussichten biologischer Verfahren 282
b) Natürliche Feinde von Unkräutern 283
c) Beispiele 283
d) Art der Beschädigung des Unkrautes 286
e) Praktische Durchführung einer biologischen Unkrautbekämpfung . . 288
aa) Suche nach natürlichen Feinden 288
bb) Prüfung der Spezifität 289
cc) Versandtechnik und Quarantäneverfahren 290
dd) Massenzucht und Freilassung 291
ee) Erfolgskontrolle 291
Literatur zu 7 292

8. Probleme und Zukunftsaufgaben der biologischen Bekämpfung 294
Literatur zu 8 302

Dritter Abschnitt: Die technischen Mittel des Pflanzenschutzes

Von Dr.-Ing. H. Koch, Braunschweig, und Dr. rer. nat. H. Goossen, Münster/W.

I. Geschichtlicher Überblick über die Entwicklung der technischen Mittel (Geräte) 303
II. Neuere Verfahren und Geräte 309
A. Bodenentseuchen 309
1. Elektrizität, trockene Hitze, siedendes Wasser 309
2. Bodendämpfung 310
a) Dampfgeräte für bewegte Erde 311
b) Dampfgeräte für unbewegte Erde 318
3. Chemische Bodenuntersuchung 321
B. Beizen und Saatgutbehandeln 323
1. Die Naßbeizung 323
a) Tauchbeizung 323
b) Benetzungsbeize 326
c) Kurznaßbeizung 326
α) Unterbrochen arbeitende Kurznaßbeizgeräte 327
β) Fortlaufend arbeitende Kurznaßbeizgeräte 327
d) Feuchtbeizung 329
2. Die Trockenbeizung 333
α) Unterbrochen arbeitende Geräte 335
β) Fortlaufend arbeitende Trockenbeizgeräte 337
3. Die Heiß- und Warmwasserbeizung 344
Kombination von physikalischen und chemischen Beizverfahren 348
C. Spritzen, Sprühen, Nebeln und Stäuben 352
1. Technologie 352
a) Spritzverfahren 354
α) Bauelemente der Spritzgeräte 354
β) Gerätetypen 374
b) Sprühverfahren 399
α) Bauelemente der Sprühgeräte 401
β) Gerätetypen 403
c) Nebelverfahren 410
α) Bauelemente der Nebelgeräte 412
β) Gerätetypen 414
d) Stäubeverfahren 418
α) Bauelemente der Stäubegeräte 420
β) Gerätetypen 424
e) Kombinierte und kombinierbare Pflanzenschutzgeräte 431
f) Anwendung von Pflanzenschutzmitteln aus der Luft 435
α) Stäuben vom Flugzeug aus 435
β) Spritzen vom Flugzeug aus 440
2. Einsatz und Bewährung 444
D. Streuen, Gießen, Injizieren, Begasen u. a. chemische Bekämpfungsarten . . 485
E. Drücken, Einsammeln, Fangen, Fernhalten und andere mechanische, optische und akustische Bekämpfungsarten 510

F. Erhitzen, Abkühlen, Bestrahlen, Beschallen und andere thermische, magnetische und elektrische Bekämpfungsarten 521
III. Schutzgeräte für das Einsatzpersonal 531
IV. Pflege der Pflanzen- und Vorratsschutzgeräte 536
V. Amtliche Geräteprüfung 538
Rührwerkprüfung 549
Prüfung der Wirkstoffverteilung 551
1. Papierblättchenmethode 551
2. Kupfergehaltsbestimmung 552
Sachverzeichnis zu FRANZ, Biologische Schädlingsbekämpfung 555
Sachverzeichnis zu KOCH-GOOSSEN, Die technischen Mittel des Pflanzenschutzes 609

Zweiter Abschnitt

Die Aufgaben des Pflanzenschutzes

(Fortsetzung)

II. Die Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten und -schädlinge

(Fortsetzung)

C. Biologische Schädlingsbekämpfung

Von Oberregierungsrat Dr. Jost M. Franz, Darmstadt

1. Einleitung

a) Definition

Die Lebewesen einer Natur- oder Kulturlandschaft leben nicht unabhängig voneinander. Im Rahmen ihrer eigenen Reaktionsnorm und der gegebenen Außenbedingungen sind sie mehr oder weniger fest in ein Beziehungsgefüge der Organismen untereinander eingespannt, das zumeist auf Antagonismus beruht. Alle Maßnahmen, die darauf hinzielen, mit Hilfe der Antagonisten den gegenwärtigen oder bevorstehenden Anstieg der Bevölkerungsdichte einer wirtschaftlich unerwünschten Tier- oder Pflanzenart abzubremsen, das Dichteniveau dieses „Schädlings" unterhalb der Schädlichkeitsschwelle zu halten, werden als biologische Schädlingsbekämpfung (biological control, lutte biologique) bezeichnet. Man versteht also darunter heute überwiegend eine Verwendung von Lebewesen zur aktiven Begrenzung der Populationsdichte schädlicher Tiere oder Pflanzen. Verwenden lassen sich solche Lebewesen, von denen wir uns einen Nutzen versprechen (Nützlinge), durch ihren direkten Einsatz oder auch durch ihre spezifische Förderung auf dem Wege über eine Manipulation wichtiger Lebensbedingungen (20, 61)[1][2].

[1]) All denen, die dem Verfasser durch ihre Beratung und Kritik bei der Fertigstellung dieses Beitrages geholfen haben, sei hier nochmals besonders gedankt: Den Herren Prof. Dr. H. Sachtleben und Oberreg.-Rat Dr. R. Langenbuch für die Durchsicht des ganzen Manuskriptes; den Herren Dr. H. Bruns, Dr. F. Frank, Oberreg.-Rat Dr. H. Goffart, Dr. A. Huger, Dr. A. Krieg, Dr. H. Löhrl, Dr. K. Mayer, Dr. E. Müller-Kögler, Dr. O. F. Niklas, Prof. Dr. F. Schwerdtfeger, Prof. Dr. Dr. G. Wellenstein, die einzelne Abschnitte durchgesehen haben; den Herren Professoren Dr. S. E. Flanders (Riverside) und Dr. R. L. Doutt (Albany), die unveröffentlichte Aufsätze zur Einsicht überließen; den Herren Professoren Dr. W. Fuchs (Göttingen) und Dr. A. Milne (Newcastle upon Tyne) für die Diskussion von Begriffen im Pflanzenschutz und in der Populationsdynamik, Frau A. L. Klein für Hilfe bei den Korrekturen, Dr. Schuhmann für die Anfertigung des Sachregisters, und allen Bildautoren, die ihre Originale zur Verfügung stellten. Trotz dieser vielseitigen Unterstützung trägt der Verfasser allein die Verantwortung für den Inhalt dieses Beitrages.

[2]) In der vorhergehenden, von H. Sachtleben bearbeiteten Auflage dieses Handbuchteiles ist die ältere Literatur recht vollständig angeführt; aus Raumgründen mußten hier viele dieser Zitate fortbleiben, um einen Teil der neueren Literatur nennen zu können.

Das wesentliche Kennzeichen der biologischen Methoden des Pflanzenschutzes ist also, daß mit potientell nützlichen Lebewesen, den natürlichen Feinden der Schadorganismen, etwas unternommen wird, daß man sie einführt, einsetzt oder aktiviert und damit ihren Einfluß als Begrenzungsfaktoren verstärkt. Die Wirkungsdauer der als Nützlinge bezeichneten Tiere, Pflanzen und Mikroorganismen kann ganz unterschiedlich sein, stellt also kein Kennzeichen des biologischen Verfahrens dar (17).

Einige angelsächsische Autoren verstehen unter „biological control" heute nicht allein die Verwendung von Lebewesen, sondern jede Form der regulierenden Tätigkeit von natürlichen Feinden (73). Die unterschiedliche Auffassung entstand durch die Doppelbedeutung des Wortes „control", das zugleich Bekämpfung (z. B. pest control) und Regulation (natural control) heißt. Wir schließen uns hier der international verbreiteten Auffassung an und unterscheiden zwischen Verwendung von Organismen (biological control) und natürlicher Begrenzung der Lebewesen durch biotische und abiotische Faktoren (natural control).

Bei der biologischen Bekämpfung im definierten Sinn soll die Schadenswahrscheinlichkeit durch die Verwendung von Nutzorganismen verringert oder verhindert, nicht jedoch der Schaderreger ausgerottet werden. — Manche Autoren wollen den Begriff „biologische Bekämpfung" nur auf die Einfuhr fremder Nutzorganismen oder nur auf die Verwendung von Arthropoden beschränken. Es mehren sich jedoch die Beispiele für die Nutzung auch heimischer (endemischer) Lebewesen und dafür, daß Organismen aus allen systematischen Gruppen praktisch verwendet werden; eine umfassende Definition wie die oben angegebene ist daher vorzuziehen.

Die biologische Bekämpfung bezeichnet andererseits ein wohl abgegrenztes Gebiet innerhalb des Pflanzenschutzes. Die übliche Unterscheidung von Pflanzentherapie (Heilung der erkrankten Biozönosen) und Pflanzenhygiene (Erhaltung und Erhöhung der Gesundheit der Lebensgemeinschaft) (68) befriedigt hier nicht. Die Begriffe „Therapie" und „Hygiene" sind dem medizinischen Sprachgebrauch entnommen und beziehen sich auf Organismen. Zwischen Lebensgemeinschaft und Organismus bestehen aber fundamentale Unterschiede (26). Während Lebewesen, sogar Tierstöcke und Tierstaaten, durch gemeinschaftsbezogene, zentrale Leitung eine regulationsfähige Einheit bilden, sind die Teile der Lebensgemeinschaften nur durch Abhängigkeitsketten miteinander verknüpft. Im Organismus entsteht und erhält sich die Harmonie durch Koordination der Teile, in der Biozönose durch deren Antagonismus (57). Die genannten Ordnungsbegriffe des Pflanzenschutzes sollten sich also auf Organismen beziehen. Daraus folgt, daß therapeutische (kurative) Maßnahmen, die bereits erkrankte bzw. befallene Pflanzen heilen, in ihrer Bedeutung zurücktreten gegenüber den hygienischen Maßnahmen. Diese setzen die Wahrscheinlichkeit eines Befalls (einer Erkrankung) und damit die Schadenswahrscheinlichkeit herab. Hierzu rechnen wir Maßnahmen zur Vorbeugung gegen schädliches Auftreten (Prophylaxe), Maßnahmen zur Vernichtung des Schaderregers (Eradikation) und solche zur Abschirmung, um Angriffe der Schaderreger zu unterbinden (Protektion). In diesem Begriffsschema, das nach dem Wesen der Pflanzenschutzmaßnahmen gliedert, gehören das biologische ebenso wie die meisten technischen Verfahren zur Pflanzenhygiene. Schon Trappmann (78) macht darauf aufmerksam, wie schwierig die Unterscheidung von Kultur- und Bekämpfungsmaßnahmen ist. Unter Pflanzentherapie verstehen wir also lediglich die Heilung von bereits erkrankten Pflanzen, wie sie z. B. durch zusätzliche Düngung, durch Rückschneiden erkrankter Bäume oder auch durch Applikation innertherapeutisch wirkender Chemikalien gegen eingedrungene Krankheitserreger oder Schädlinge manchmal möglich ist.

Diese Überlegungen waren notwendig als Erläuterung dafür, daß sich biologische (und andere) Maßnahmen nicht von solchen der Pflanzenhygiene im eigentlichen Sinne des Wortes trennen lassen (13). Da sich bei dieser Einteilung nach dem Wesen der einzelnen Formen des Pflanzenschutzes die uns aus didaktischen Gründen hier besonders wichtige Grenze zwischen der biologischen und den anderen Methoden jedoch nicht mit einem prägnanten Ausdruck bezeichnen läßt, verwenden wir im folgenden eine vor allem im angelsächsischen Schrifttum übliche Gliederung, welche

die technisch-methodische Seite der menschlichen Maßnahmen in den Mittelpunkt stellt. Wir unterscheiden somit physikalische, chemische (beide als technische zusammengefaßt), kulturelle, biologische und gesetzliche Maßnahmen des Pfanzenschutzes oder — wenn es sich um Schutz gegen Schädlinge handelt — der Schädlingsbekämpfung. Unter kulturellen Verfahren, die in manchen Fällen denen der oben definierten biologischen nahe kommen, verstehen wir organisatorische und anbautechnische Maßnahmen, wie z. B. Fruchtfolge, Waldbau, Bodenpflege und -bearbeitung, Beseitigung von Ernterückständen bzw. „saubere Wirtschaft" im Walde, Zeitwahl für Aussaat und Ernte, Verwendung resistenter Sorten, Düngung, Standortwahl und Landschaftspflege. Die Unterscheidung biologischer und kultureller Verfahren ergibt sich daraus, ob die Verwendung von bekannten Lebewesen, von denen die Begrenzung bestimmter Schadorganismen erwartet wird, im Mittelpunkt steht oder ob die genannten kulturellen Maßnahmen für die zu schützende Pflanze den Ausgangspunkt bilden. Beide Verfahren können sich gegenseitig unterstützen, wie wir im folgenden sehen werden. Auf jeden Fall unterscheiden sich beide Arten der Pflanzenschutzaktionen nicht dadurch, daß die eine nur gegen eine akute Schädlingsgefahr wirkt bzw. verwendet wird und die andere nur vorbeugend. Bei einer Maßnahme biologischer Bekämpfung, wie z. B. der Einfuhr eines wirksamen natürlichen Feindes gegen einen zuvor eingeschleppten Schädling, folgt auf eine kurze, eradikative Phase in der Zeit erster, starker Reduktion des Schädlings eine langdauernde, prophylaktische Phase, in der es gar nicht mehr zu einem Schadauftreten des potentiellen Schädlings kommt.

Diesen oft vorbeugenden Charakter biologischer Bekämpfung betont auch Flanders (15) in einer älteren Definition: „Biologial control is a method of preventing the destruction of agricultural crops by pest insects and weeds through the use of the natural enemies (insects and diseases) that attack such pests." Die Ausdrücke „biologische Vorbeugung" und „biologische Regelung" (66) werden hier daher als synonym mit „biologischer Bekämpfung" angesehen. Anders ist es mit den Ausdrücken „ökologische Schädlingsbekämpfung" oder „ökologischer Pflanzenschutz" (19, 32, 54), da diese direkte und indirekte, spezifische und unspezifische, den ökologischen Ansprüchen der Kulturpflanzen sowie der Schad- und Nutzorganismen angepaßte Pflanzenschutzmaßnahmen umfassen. Wir wollen daher hier unter ökologischen Maßnahmen des Pflanzenschutzes die kulturellen und die biologischen Methoden gemeinsam verstehen und ihnen die technischen sowie die gesetzgeberischen gegenüberstellen.

Um sich über die Verfahren des Pflanzenschutzes verständigen zu können, benötigt man eindeutige Begriffe und klare Abgrenzungen der Termini. Da es in der Natur nur selten solche klaren Abgrenzungen gibt, begegnet man gelegentlich dem Dilemma, daß sich Einzelfälle nicht in die von uns geschaffenen Kategorien einordnen lassen. Dies gilt sowohl für die Unterscheidung der Pflanzenschutzmaßnahmen als auch für die später zu besprechenden Typen der biologischen Bekämpfung selbst (vgl. S. 15). Dieser unvermeidliche Nachteil wird bewußt in Kauf genommen, da erfahrungsgemäß eine klar untergliederte Begriffsbestimmung das Verstehen der wesentlichen Vorgänge erleichtert und dadurch die oben genannten Nachteile einer Vergewaltigung von Einzelfällen aufhebt. Auf solche Grenzfälle soll besonders hingewiesen werden.

b) Geschichte

Über die ersten Anfänge der biologischen Bekämpfung mit Metazoen und Mikroorganismen liegen ausführliche Darstellungen vor, aus denen hier nur wenige Ausschnitte angeführt seien.

aa) Verwendung von Metazoen (15, 61, 70, 74)

Seit rund 4000 Jahren wird die Katze als nützliches Haustier zur Nager- und Schlangenvertilgung verwendet, nachdem sie in Ägypten schon in der 5. Dynastie (2680—2540 v. Zw.) in Tempeln gezähmt und verehrt worden war. Im Mediterrangebiet dienten ursprünglich verschiedene Musteliden der Mäusebekämpfung, bevor auch dort sich die Katze einbürgerte (8). In der wissenschaftlichen Literatur erwähnte Linné als erster das biologische Verfahren, als er beschrieb, wie der Bürgermeister von Lund sich Schnecken *(Cochlea nemorum)* auf seine Apfelbäume gesetzt hat, „damit sie die Bäume von Mooß und Baumläusen frey halten möchten" (46). Schon 1752 sagte er in einer Vorlesung: „Seitdem man gemerkt hat, welchen Schaden die Insekten uns antun, hat man viele Wege ausgedacht, sie auszurotten, aber noch niemand hat daran gedacht, Insekten durch Insekten auszurotten. Jedes Insekt hat meistens seinen Löwen, der es verfolgt und ausrottet. Diese Raubinsekten sollten gezähmt und zur Säuberung der Kräuter gewartet werden." (36).

Forskål (18) berichtete über die Verwendung von Ameisen zur Bekämpfung schädlicher anderer Ameisenarten auf Dattelpalmen in Arabien und von einer offenbar schon Jahrhunderte alten Sitte in China, Nester von Nutzameisen (z. B. *Oecophylla smaragdina* F.) zum Schutz von Orangenbäumen in diesen aufzuhängen und die Bäume durch Bambusstangen zu verbinden, um den Ameisen das Überwechseln zu erleichtern. Die wirtschaftliche Bedeutung dieser Maßnahme ist allerdings fraglich (30), *O. smaragdina* in Südchina sogar sicher schädlich, da sie die natürlichen Feinde von Schildläusen abhält (16). Auf die Möglichkeiten der biologischen Bekämpfung haben als erste F. A. Notarianni (zit. 11) und kurz danach Erasmus Darwin (zit. 58) hingewiesen, letzterer in seiner 1800 erschienenen „Phytologia, or the Philosophy of Agriculture and Gardening". Kirby & Spence (40) empfahlen 1816 die Massenzucht von Coccinelliden gegen Blattläuse, und Hartig (31) schlug die Anreicherung von Schlupfwespen des Kiefernspinners durch die Errichtung von „Raupenzwingern" vor. Ratzeburg (55, a, b, c) erkannte schon 1840 sehr klar die Grenzen, die der Nutzung heimischer Entomophagen gesteckt sind (vgl. S. 172).

Schon 1855 schlug Asa Fitch (zit. 37) die Einfuhr von nützlichen Insekten aus einem anderen Land vor und versuchte — wenn auch erfolglos —, Parasiten der Weizengallmücke (*Contarinia tritici* Kirby) aus England nach Amerika zu schaffen.

Die ersten praktischen Versuche zur biologischen Bekämpfung mit einheimischen Nutzinsekten begann im Jahre 1840 Boisgiraud (zit. 38) in Frankreich. Er sammelte Carabiden und Staphyliniden und setzte diese bei Massenvermehrungen z. B. des Schwammspinners (*Lymantria dispar* [L.]) aus. Damit regte er ähnliche Versuche von Villa (80) in Italien an. Beide Autoren berichten über Erfolge.

Erst 1873 begannen praktische Versuche zur Einfuhr von Nützlingen aus einem anderen Kontinent. 1873 brachten Planchon & Riley die Milbe *Tyroglyphus phylloxerae* Ril. aus den Vereinigten Staaten zur Bekämpfung der zuvor eingeschleppten Reblaus nach Frankreich. 1874 wurde der Marienkäfer *Coccinella undecimpunctata* L. von England nach Neuseeland eingeführt, zur Bekämpfung von Blattläusen, und 1883 *Apanteles glomeratus* L. aus Europa nach den USA, zur Abwehr von *Pieris rapae* (L.) (37).

Ihren eigentlichen Aufschwung nahm die biologische Schädlingsbekämpfung jedoch erst, nachdem in Kalifornien durch die Einfuhr des Marienkäfers *Rodolia cardinalis* (Muls.) eine den Wohlstand des Landes gefährdende Massenvermehrung der Citrus-Schildlaus *Icerya purchasi* Mask. beseitigt werden konnte.

Der Engländer C. V. Riley war nicht nur der Begründer der angewandten Biologie in Nordamerika, sondern erkannte auch klar die notwendigen Schritte, die einer Einfuhr von Nutzinsekten zur biologischen Bekämpfung auch heute noch vorauszugehen haben. Er stellte die Determination des Schädlings sicher und fand durch Studium der Literatur sowie durch

Korrespondenz mit ausländischen Entomologen, daß wahrscheinlich Australien die Heimat der Schildlaus war. Weil sie dort nur relativ selten auftrat, vermutete er richtig, daß sie von natürlichen Feinden in Schach gehalten würde, zumal das Klima in Australien dem in Kalifornien sehr ähnlich war. RILEY beauftragte den Deutschen A. KOEBELE damit, in Australien nach diesem Gegenspieler zu suchen und D. W. COQUILLET, die ankommenden Insekten zu empfangen, sie zu vermehren und in Citrusanlagen auszusetzen. Bis Ende Januar 1889 hatte COQUILLET 129 Imagines von *R. cardinalis* und 12 000 der Agromyzide *Cryptochaetum iceryae* (Will.) erhalten. In weniger als 2 Jahren erzielten diese Arten, vor allem die Coccinellide, den erwähnten durchschlagenden Erfolg, der die kalifornischen Citrus-Anbauer vor dem Ruin rettete (15, 71).

Hierdurch angeregt wurde KOEBELE vom U.S. Department of Agriculture auf weitere Forschungsreisen geschickt, von denen er z. B. den ebenfalls gegen verschiedene Schildläuse sehr bewährten Marienkäfer *Cryptolaemus montrouzieri* Muls. mit nach Kalifornien brachte und dort ansiedelte. Sowohl KOEBELE als auch der vom Staate Kalifornien später angestellte G. COMPERE leisteten ihrem Lande auch dadurch große Dienste, daß sie die Gefahr der Einschleppung weiterer Schadinsekten klar erkannten, ihre Landsleute darüber aufklärten und 1911 in Kalifornien die Errichtung des ersten Quarantäne-Dienstes für die Einfuhr von Pflanzen und Nutzinsekten durchsetzten.

Nach dem aufsehenerregenden Bekämpfungserfolg gegen *Icerya purchasi* breitete sich erst ein Überoptimismus bezüglich der Möglichkeiten der neuen Methode in Kalifornien aus, dem später eine große Enttäuschung folgte, zumal keine der von COMPERE im Ausland gesammelten Nützlingsarten überhaupt angesiedelt, geschweige denn genutzt werden konnte. Erst mit der Anstellung von Harry S. SMITH durch das kalifornische Landwirtschaftsministerium im Jahre 1913 gelangte das biologische Verfahren zu neuem Ansehen und neuen Erfolgen in diesem Staat und in ganz Nordamerika. Man kann ohne Übertreibung H. S. SMITH als den *spiritus rector* der biologischen Bekämpfung bezeichnen, wie wir sie heute betreiben. Über die neuen Verfahren und Ergebnisse, die nicht mehr in diesen geschichtlichen Rückblick gehören, wird im Hauptteil berichtet.

Während der Zeit geringerer Bewertung der biologischen Verfahren in Kalifornien entstanden diesen unabhängig voneinander zwei neue Zentren, und zwar in Hawaii und in den Oststaaten der USA. Die große Aktivität in Hawaii wurde von einer schweren Übervermehrung der Zuckerrohr-Zikade *Perkinsiella saccharicida* Kirk. ausgelöst. Den dortigen Entomologen, die zumeist dem Entomology Department, Experimental Station, Hawaiian Sugar Planters Association, angehörten, gelang es in den Jahren nach 1904 bis 1920, vor allem durch Einfuhr eines Eiparasiten (*Paranagrus optabilis* Perk.) (Mymaridae) und einer Raubwanze (*Cyrtorhinus mundulus* [Bredd.]), die Zikade bis zur völligen wirtschaftlichen Bedeutungslosigkeit zurückzudrängen. An diesem und an anderen erfolgreich abgeschlossenen Projekten, die seinerzeit wochenlange Seereisen und viele Strapazen und Enttäuschungen für die Beteiligten brachten, arbeiteten vor allem R. C. L. PERKINS, A. KOEBELE, F. A. G. MUIR und C. E. PEMBERTON (52). Zwischendurch gab es natürlich immer wieder auch Mißerfolge. Heute ist diese Inselgruppe zweifellos der Platz auf der Welt, an dem die meisten Einfuhren von Nutzorganismen gelungen sind und zur Niederhaltung vieler eingeschleppter Schädlinge geführt haben.

Auch das zweite Zentrum erfolgreicher Weiterarbeit an den biologischen Verfahren entstand durch Einschleppung von Schadinsekten, und zwar in den New England-Staaten von Nordamerika. 1905 begann der Staat Massachusetts zusammen mit dem U.S. Department of Agriculture einen groß angelegten Feldzug gegen den Schwammspinner (*Lymantria dispar* [L.]) und den Goldafter (*Euproctis chrysorrhoea* [L.]). Beide stammten aus Europa und verwüsteten die Laubwälder ihrer neuen Heimat, da sie sich hier ohne ihre natürlichen Feinde viel stärker als im Herkunftsland vermehren konnten. Unter der tatkräftigen Leitung von

L. O. Howard, dem Nachfolger Riley's im U.S. Dept. Agriculture, brachte man nach und nach fast alle bekannten Insektenfeinde der Schädlinge in die Neue Welt (65). Die 25 Jahre andauernde Kampagne endete, so kann man rückschauend sagen, mit einem Teilerfolg, da heute die Übervermehrung beider Lepidopterenarten dort nur noch gelegentlich und in einem Ausmaß vorkommt, wie es auch in Europa üblich ist (69). Außerdem gab diese Aktion Gelegenheit, junge Entomologen mit den Methoden biologischer Bekämpfung vertraut zu machen. Führende Männer dieser Arbeitsrichtung, wie der oben genannte H. S. Smith und der Gründer und langjährige Direktor des Commonwealth Institute of Biological Control, W. R. Thompson, gingen durch diese Schule. Howard beeinflußte nachdrücklich die Entwicklung des biologischen Verfahrens in Kanada, wo bereits 1882 die ersten Schlupfwespen (*Trichogramma minutum* Riley) zur Niederhaltung von *Nematus ribesii* (Scop.) ausgesetzt worden waren (4, 6). Vor allem die erfolgreiche Einbürgerung von *Mesoleius tenthredinis* Morley, einem Kokonparasiten der Lärchenblattwespe (*Pristiphora erichsonii* [Htg.]) aus England, durch den Dominion Entomologist C. G. Hewitt, und die gute Zusammenarbeit mit U.S.-amerikanischen Stellen bei der Einfuhr von Feinden des Goldafters (*E. chrysorrhoea)* wurden durch Howard sehr gefördert. Schließlich empfing dort auch K. Escherich bei einem Besuch wichtige Anregungen, die zur Neugestaltung der angewandten Entomologie in Deutschland wesentlich beitrugen. — Die Arbeiten in Hawaii und New England leiteten dann zu einer Periode verstärkter Nützlingseinfuhren über, wie sie Anfang dieses Jahrhunderts überall anliefen: 1913 in Kalifornien vor allem gegen Schildläuse, seit 1909 in Kanada, seit 1906 in Italien gegen die Maulbeerschildlaus (*Aulacaspis pentagona* Targ.) und seit den 20er Jahren in den Oststaaten der USA gegen den Japankäfer (*Popillia japonica* Newm.), den Pfirsichwickler *(Grapholitha molesta* [Busck]) und den Maiszünsler *(Pyrausta nubilalis* [Hbn.]).

bb) Verwendung von Mikroorganismen

Der Gedanke zur Verwendung von Mikroorganismen, also einer mikrobiologischen Bekämpfung von Schadinsekten (microbial control, lutte microbiologique) entstand in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts. Er ging aus der Beobachtung hervor, daß es kranke Insekten gibt (zuerst bei Seidenraupe und Honigbiene beobachtet), daß diese Seuchen ansteckend sind, daß natürliche Epizootien auftreten und daß sich die Erreger dieser Krankheiten künstlich übertragen sowie in Kulturen vermehren lassen. Über diese Frühzeit der Insektenbeobachtungen gibt es eine Reihe ausführlicher Arbeiten (47, 51, 67). Vor allem die Studie von Steinhaus (72) über die Entstehung der Idee einer mikrobiologischen Bekämpfung von Schadinsekten bringt auch eine umfassende Übersicht über die Anfänge der Insektenpathologie im 19. Jahrhundert.

Die ersten Anregungen zur Verwendung pathogener Mikroorganismen stammen von Bassi (1836), Audouin (1839), LeConte (1874), Pasteur (1874) und Hagen (1879). Hagen's Vorschlägen folgend, versuchten einige angesehene nordamerikanische Entomologen, Raupen und Käferlarven mit Suspensionen von Hefe zu infizieren, erklärlicherweise ohne eindeutige Erfolge.

Etwa gleichzeitig unternahm der russische Zoologe E. Mečnikov (48, 49) die ersten praktischen Versuche zur Insektenbekämpfung mit Krankheitserregern. Er entdeckte bei den Larven von *Anisoplia austriaca* Herbst, später auch bei denen des Rübenderbrüsslers *(Cleonus punctiventris* [Germ.]) einen Pilz, den er „grüne Muscardine" *(Entomophthora anisopliae)* nannte (heute: *Metarrhizium anisopliae* [Metsch.] Sorokin). Es gelang ihm, diesen Pilz auf Biermaische als künstlichem Nährboden zu züchten. Seine Versuche zur Infektion der genannten Käferlarven im Boden fielen bei *A. austriaca* in vielen, bei *C. punctiventris* in allen Fällen positiv aus. Mečnikov's Anregungen folgend konnte dann z. B. Krasil'ščik (41, 42) die Produktion dieser Pilzsporen verbessern. In Smela (Gouv. Kiev) gewann er in 4 Monaten 55 kg Sporen und erzielte bei Infektionsversuchen gegen den Rübenderbrüssler auf kleinen Flächen gute Ergebnisse: in 10—15 Tagen erlagen

55—88 % der Larven der Mykose. — Weitere Arbeiten mit insektenpathogenen Pilzen folgten in Europa und Amerika. Sie werden teilweise in Kapitel 3, a, cc besprochen.

Bakterienkrankheiten gegen Insekten versuchte als erster D'Hérelle (33, 34, 35) zu verwenden, und zwar gegen Wanderheuschrecken (*Schistocerca paranensis* Burm.) in Argentinien. Die sehr günstigen Berichte über den Erfolg der künstlichen Verbreitung eines als *Coccobacillus acridiorum* beschriebenen Erregers hielten einer späteren Nachprüfung nicht stand; vermutlich wurden später verunreinigte Kulturen verwendet und z. T. auch natürliche Seuchenausbrüche als Resultat der Infektionen gedeutet (ausführlich bei Sachtleben [61]). — Die Vorschläge und praktischen Versuche zur Verwendung von Virosen gegen Insekten sind schließlich erst jüngeren Datums. Über Experimente gegen die Nonne (*Lymantria monacha* [L.]) und gegen den Schwammspinner (*Lymantria dispar* [L.]) berichten deutsche (82) und amerikanische (56) Forscher etwa gleichzeitig. Gewöhnlich wurden Raupen, die an der „Wipfelkrankheit" bzw. „wilt disease" eingegangen waren, im Bestand aufgehängt, ihre Reste irgendwie verteilt oder Ansammlungen der Raupen durch Anlegen von Leimringen und Durchforstungen gefördert. Obwohl öfters nach solchen Versuchen Epizootien auftraten, fehlte, wie schon damals richtig erkannt wurde (14, 82), eine eindeutige Erfolgskontrolle mit dem Nachweis, wie weit die Verseuchung von selbst entstanden, wie weit sie auf künstliche Ausbreitung zurückzuführen war und ob sie überhaupt mit der Krankheit übereinstimmte, die man vorher ausgebracht hatte. Fortschritte erzielte man hier erst in jüngster Zeit, nachdem die pathogenen Viren bekannt wurden und ihr Nachweis möglich war.

Über die ersten Versuche zur Verwendung von Mikroorganismen gegen Wirbeltiere sei hier nur erwähnt, daß die Anregung dazu offenbar von Pasteur (zit. 72) ausging. Er empfahl 1887 und 1888, zur Bekämpfung von Kaninchen die Erreger der Geflügelcholera (*Pasteurella multocida* [L. & N.]) zu erproben. Kleine Versuche, die sein Assistent Loir bei Reims durchführte, waren so vielversprechend, daß er große Experimente in Australien plante; das dortige Landwirtschaftsministerium versagte jedoch hierzu die Erlaubnis. — Bekannter sind die Erfolge, die Loeffler mit Bakterien einige Jahre später gegen Mäuseplagen hatte und über die noch berichtet wird (s. S. 104).

c) Organisation

Da zu der Verwendung von Lebewesen bei der Schädlingsabwehr zumeist langfristige Vorarbeiten gehören und da sich Nutzorganismen (außer Mikroorganismen) gewöhnlich nicht nach merkantilen Gesichtspunkten verteilen lassen, sondern selbständig ausbreiten, finanziert diese Arbeiten in der Regel der Staat oder eine staatliche Organisation. Im folgenden wird, ohne die geschichtliche Entwicklung zu berücksichtigen, ein Überblick über die wichtigsten gegenwärtig bestehenden Institutionen und Spezialinstitute gegeben, nach Ländern und Erdteilen geordnet.

aa) Nationale (staatliche und private) Organisationen

Amerika

Vereinigte Staaten (15). *Bundesstellen:* Gegenwärtig liegt die Bearbeitung biologischer Schädlingsbekämpfung bei den Sektionen[1]): a) Insect Identification and Parasite Introduction, und b) Beekeeping, beide in der Entomology Research Division, Agricultural Research Service, U. S. Department of Agriculture. a) Zentrale in Beltsville, Maryland. Quarantäne-

[1]) Neuerdings: Research Branch

laboratorium zur Ein- und Ausfuhrkontrolle lebender Insekten am Japanese Beetle Laboratory, Moorestown, N. J.; Außenstellen zur Beschaffung von Nutzinsekten in Frankreich (Nanterre), Mexiko (Mexico-City) und Iran (Teheran). Die importierten Entomophagen werden nach Überprüfung in den Kontrollstellen im Osten (Moorestown) bzw. im Westen (Kalifornien, s. u.) zur Weiterzucht und Freilassung entweder an die Sektionen vom Entomological Research Branch übergeben, die sich mit den zu bekämpfenden Schädlingen beschäftigen, oder an die entomologischen Abteilungen der landwirtschaftlichen Versuchsanstalten einiger Einzelstaaten weitergeleitet. Gelegentlich kommt es zwischen Entomologen der genannten Bundesstelle und ausländischen Instituten zu planmäßiger Zusammenarbeit, wie zur Zeit bei der biologischen Bekämpfung der Citrus blackfly (*Aleurocanthus woglumi* Ashby) in Mexiko, um dadurch die Einwanderung dieses Citrus-Schädlings nach den Vereinigten Staaten aufzuhalten. — b) Laboratory of Insect Pathology in Beltsville, Maryland, mit vielen Einzelstaaten zusammenarbeitend.

Einzelstaaten: Speziallaboratorien bestehen vorläufig nur in Kalifornien und Hawaii. Die University of California ist mit ihrem Department of Biological Control das Zentrum für biologische Bekämpfung an der Westküste. Die Laboratorien liegen in Riverside im südlichen und in Berkeley bzw. Albany im nördlichen Kalifornien. Die entomologischen Institute an beiden Orten besitzen die Erlaubnis zur Einfuhr lebender Nutzinsekten und verfügen über entsprechende Quarantäne-Einrichtungen. Die Zentrale für insektenpathologische Forschung ist das Department of Insect Pathology in Berkeley. Die mikrobiologische Bekämpfung besorgen Laboratorien in Albany, Riverside, und neuerdings in anderen Einzelstaaten.

In Hawaii arbeitet eine Reihe von Instituten in engem Kontakt miteinander. Die meisten Einfuhren besorgt neben zwei Instituten landwirtschaftlicher Organisationen (s. u.) das Territorial Board of Agriculture and Forestry. Am Fruchtfliegen-Projekt ist außer der hierfür geschaffenen Zentrale: Investigations of Fruit Flies in Hawaii, einer Außenstelle des Agricultural Research Service, U.S.D.A., auch das entomologische Institut der Universität beteiligt, das seinerseits noch andere Forschungsvorhaben über biologische Bekämpfung durchführt.

Private Organisationen: Die einzigen nichtstaatlichen Stellen, die zur Einfuhr von Nutzinsekten berechtigt sind, gibt es auf Hawaii: Die Hawaiian Sugar Planters' Association (H.S.P.A.) und die Hawaiian Pineapple Producers' Cooperative Association (H.P.P.C.A.). Vor allem die erstgenannte hat eine lange Tradition in der biologischen Bekämpfung (52) und arbeitet eng mit den staatlichen Stellen zusammen. — Dazu kommen in Kalifornien noch einige Verbände der Citrus-Anbauer, wie die Santa Paula Association und die Fillmore Citrus Prospective League in Ventura County, die Insektarien zur Massenzucht importierter Nutzinsekten unterhalten. Schließlich sei hier noch die „überwachte Schädlingsbekämpfung" (supervised pest control) genannt. Die Farmer der Weststaaten haben selbst mehrere Vereinigungen aufgestellt und finanziert, die von der Universität von Kalifornien wissenschaftlich beraten werden. Diese gehen in ihren Gebieten erst dann zu technischen Bekämpfungsmaßnahmen über, wenn die genaue Untersuchung durch eigens dafür angestellte Entomologen gezeigt hat, daß die Übervermehrung eines Schädlings bevorsteht und weder natürliche Feinde noch kulturelle Maßnahmen wirksam genug sind (73) (vgl. auch S. 208).

Kanada (2, 6). Im Research Branch des Department of Agriculture befassen sich mit Teilgebieten des biologischen Verfahrens folgende Stellen: Entomology Research Institute, Ottawa (Systematik); Insect Pathology Research Institute, Sault Ste. Marie, Ont. (Insektenseuchen); die Division of Forest Biology, Ottawa. Mehrere Institute der letztgenannten Abteilung bearbeiten praktische Teilfragen, so z. B. das Forest Biology Laboratory, Fredericton, N. B., die Populationsdynamik des Tannentriebwicklers *(Choristoneura fumiferana* [Clem.]) und die biologische Bekämpfung der eingeschleppten Tannenstammlaus (*Adelges* [syn. *Dreyfusia*] *piceae* [Ratz.]). Das eigentliche Zentrum und Spezialinstitut für biologische Bekämpfung sowie verwandte Grundlagenfragen ist jedoch das 1955 neu errichtete Entomology Research Institute for Biological Control in Belleville, Ont., die einzige Stelle, die Erlaubnis und Einrichtungen besitzt, um Nutzinsekten zu importieren (vgl. S. 192). Dieses Institut verfügt auch über eine insektenpathologische Abteilung, welche die Krankheiten landwirtschaftlicher Schädlinge bearbeitet. Weitere Untersuchungen im Zusammenhang mit speziellen Schädlingsproblemen werden von den regionalen Forschungslaboratorien des Research Branch

durchgeführt (z. B. in Kentville, N. S., die Kombination biologischer und chemischer Verfahren in Apfelanlagen).

Mittel- und Südamerika. In den meisten Ländern von Mittel- und Südamerika sowie auf den Westindischen Inseln sind Fragen der biologischen Bekämpfung bearbeitet und mehrfach auch Entomophagen eingeführt worden. Ein ausgesprochenes Spezialinstitut fehlt jedoch. Gegenwärtig wird vor allem an folgenden Stellen aktiv auf unserem Gebiet gearbeitet:

Peru: Estación Experimental Agrícola de La Molina, Lima (Einfuhr von Entomophagen gegen Baumwoll-, Citrus-, Zuckerrohr- und Olivenschädlinge; nützlingsschonende Schädlingsbekämpfung durch Vermeiden breitenwirksamer Insektizide, Anbau von Lockpflanzen usw.) (83). — Cuba, Westindische Inseln: Zahlreiche Zuckerplantagen unterhalten Laboratorien zur Vermehrung von Parasiten (z. B. *Lixophaga diatraeae* Towns.) der Zuckerrohr-Minierer *(Diatraea* sp.) (10, 64). — Trinidad (s. unten). — Uruguay: Dirección de Agronomía, Ministerio de Ganaderia y Agricultura, División Zoología Agrícola, Montevideo (Einfuhr verschiedener Nutzinsekten). — Columbien: Verschiedene Abteilungen des Landwirtschaftsministeriums, Einfuhr von Nutzinsekten (50). — Mexiko: Zur Zeit aktuell ist die biologische Bekämpfung von *Aleurocanthus woglumi* Ashby (Comité Nacional de Control y Combate de la Mosca Prieta de los Cítricos, Mexico). — Auch in den übrigen, hier nicht genannten Ländern werden an einzelnen Instituten Teilfragen untersucht.

Afrika

Abgesehen von zeitweiligen Laboratorien des Commonwealth Institute of Biological Control gibt es in diesem Erdteil keine Spezialinstitute für biologische Bekämpfung. In zahlreichen Staaten, wie in Süd-Rhodesien und der Südafrikanischen Union, wird jedoch über Einzelfragen gearbeitet; genannt seien Untersuchungen über die Nutzung von Viruskrankheiten gegen Akazienschädlinge (Wattle Research Institute, University of Natal, Pietermaritzburg) oder über Parasiten von Schildläusen an Citrus (Plague Research Laboratory, Union Health Department, Johannesburg).

Australien mit Neuseeland und Pazifischen Inseln

Die Arbeiten über biologische Bekämpfung von Insekten werden in *Australien* zentral durch folgende Organisation durchgeführt: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (C.S.I.R.O.), Division of Entomology, Canberra, A.T.C. — Bei der Kaninchenbekämpfung mittels Myxomatosis beteiligten sich außerdem noch die Wildlife Survey Section der gleichen Organisation, sowie die Australian National University, Canberra.

Auch in *Neuseeland* fehlt ein Spezialinstitut, doch werden Nützlingsimporte von folgenden Stellen durchgeführt: Dept. of Scientific and Industrial Research, Nelson; Forest Research Institute, Rotorua.

Die *Inseln* des Stillen und des Indischen Ozeans haben eine große Zahl erfolgreicher Nützlingseinfuhren praktiziert, besitzen aber selbst keine Speziallaboratorien, sondern beziehen ihr Material teils von den Vereinigten Staaten, vor allem von Hawaii (z. B. Guam, Fidschi-Inseln), oder durch das Commonwealth Institute of Biological Control (z. B. Mauritius, Salomon-Inseln [45]). Eine Gruppe amerikanischer Entomologen (The Invertebrate Consultants Committee for the Pacific) nimmt sich der auf pazifischen Inseln auftretenden Schädlinge an und bearbeitet vor allem Projekte der nachträglichen Einfuhr von Nützlingen (53). Die gut entwickelte Organisation der Holländer in Niederländisch-Indien ist infolge der politischen Verhältnisse verschwunden (81).

Eurasien

UdSSR. Aus sprachlichen Gründen und wegen der Schwierigkeit, direkten Kontakt aufzunehmen, sind die dem Bearbeiter vorliegenden Unterlagen über die Verhältnisse in der Sowjetunion lückenhaft. Folgendes Bild ergibt sich aus einigen neueren Veröffentlichungen (44, 59, 60, 60 a, 74 a). Speziallaboratorien für biologische Schädlingsbekämpfung sind sowohl an den großen Akademien (Akademie der Wissenschaften, Akademie der Landwirtschaftswissenschaften) der UdSSR vorhanden als auch an den Pflanzenschutz-, Forstschutz- und Landwirtschafts-Instituten in Leningrad, Moskau und einzelnen Sowjetrepubliken. Kleine

„Biolaboratorien" zur Vermehrung von Nutzorganismen gibt es zahlreich, entsprechend der Verbreitung unserer Methode in der Praxis. Folgende größere Spezialla boratorien seien genannt: Zoologisches Institut der Akademie der Wissenschaften der UdSSR, Leningrad; Allunions-Institut für Pflanzenschutz, Laboratorien für mikrobiologische Bekämpfung (Mykologie, Bakteriologie), Leningrad; Institut für Entomologie und Phytopathologie der Akademie der Wissenschaften der Ukrainischen SSR, Abteilung biologische Bekämpfungsmethoden, Kiev; weißrussisches wissenschaftliches Untersuchungsinstitut für Forstwirtschaft, Gomel; westsibirische Filiale der Akademie der Wissenschaften der UdSSR, Novosibirsk.

Frankreich. Die zentrale Leitung der Forschungen über biologische Verfahren liegt bei dem Institut National de la Recherche Agronomique (I.N.R.A.), Station Centrale de Zoologie Agricole (28). Im Laboratoire de Biocoenotique et de Lutte Biologique de La Minière (1) arbeitet man vorwiegend über Anwendung biologischer Methoden, in engem Kontakt mit Abteilungen des Institut Pasteur, welche die Massenproduktion von Mikroorganismen übernehmen (9), und mit dem Laboratoire de Cytopathologie in Saint Christol les Alès (I.N.R.A.), wo vorwiegend Grundlagenarbeit über die Natur der Erreger geleistet wird. Der Schwerpunkt für die Untersuchung und für die Verwendung entomophager Insekten liegt in der neuen Station de Zoologie Agricole et de Lutte Biologique (I.N.R.A.) in Antibes, wo sich auch Räume und Einrichtungen zur Einfuhrkontrolle und Massenzucht importierter Nützlinge befinden.

Holland. Verschiedene Fachinstitute für angewandte und reine Biologie in Wageningen, Arnhem, Amsterdam, Leiden usw. haben sich zu einem „Arbeitskreis für harmonische Schädlingsbekämpfung" zusammengeschlossen. Dort werden alle für das Land interessanten Typen der biologischen Bekämpfung und zusätzlich noch andere, nicht rein chemische, die Biozönose schonende Verfahren bearbeitet (81 a).

Italien. Der Tradition von F. Silvestri folgend, arbeitet das Laboratorio di Entomologia Agraria, Faculta di Agraria in Portici (Napoli) noch vorwiegend über Probleme der biologischen Bekämpfung durch Entomophagen (60 b). Auch einige andere entomologische Laboratorien (z. B. in Pavia, Turin und Florenz) sind an diesem Themenkreis beteiligt. — *Jugoslawien.* Das einzige Spezialinstitut unserer Forschungsrichtung beschäftigt sich mit der Einfuhr und Erprobung natürlicher Feinde des Weißen Bärenspinners *(Hyphantria cunea* [Drury]), zur biologischen Bekämpfung dieses eingeschleppten Schädlings. Für diesen Zweck wurde dieses Institut in Zemun bei Belgrad mit finanzieller Unterstützung der Food and Agriculture Organization (FAO) der Vereinten Nationen gegründet.

Spanien besitzt in dem Laboratorium für biologische Schädlingsbekämpfung an der Estación de Fitopatologia Agrícola in Burjasot ein Zentrum für diese Arbeitsweise. Es dient gegenwärtig vor allem zur Massenzucht eingeführter Nutzinsekten gegen Citrus-Schädlinge (27). Dazu kommen Arbeiten über Parasiten von Forstinsekten am Servicio de Plagas Forestales, Madrid.

Tschechoslowakei. Ein Spezialinstitut für Grundlagenforschung und praktische Studien an Krankheiten der Insekten ist das Laboratorium für Insektenpathologie, Biologisches Institut der Akademie der Wissenschaften, Prag. Eine Arbeitsgruppe am Laboratorium für Pflanzenschutz der slowakischen Akademie in Ivanka a. d. Donau widmet sich der biologischen Bekämpfung eingeschleppter Schadinsekten. Außerdem nimmt die ökologische und taxonomische Forschung an den entomologischen Instituten der ČSR einen breiten Raum ein.

Deutschland. An dem Institut für Biologische Schädlingsbekämpfung der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft in Darmstadt werden, aufbauend auf früheren Vorarbeiten (62), hauptsächlich folgende Themen bearbeitet: Grundlagen der Wirksamkeit von Prädatoren und Parasiten im Freiland; Einfuhr und Massenzucht von Nutzinsekten; Grundlagen der Insektenpathologie und Anwendung geeigneter Erreger in der Praxis. In enger Zusammenarbeit mit der genannten deutschen Zentrale für biologische Bekämpfung werden an der Landesanstalt für Pflanzenschutz in Stuttgart (Parasitenzucht gegen *Quadraspidiotus perniciosus*) und anderen entsprechenden Länderinstituten, Universitäten und Vogelschutzwarten Einzelfragen untersucht, vor allem über die Möglichkeit einer Kombination chemischer und biologischer Verfahren (20, 21). In gleicher Richtung arbeiten auch einzelne Institute in Mitteldeutschland. Die Zentrale für unsere Arbeitsrichtung ist hier das Deutsche Entomologische Institut der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften in Berlin-Friedrichshagen.

Auch in anderen Ländern Eurasiens einschließlich der Mittelmeergebiete wird den biologischen Methoden des Pflanzenschutzes gegenwärtig große Aufmerksamkeit geschenkt. Wie die folgende (unvollständige) Aufstellung zeigt, widmen sich einzelne entomologische Institute Spezialproblemen:

Ägypten. Baumwoll-Schädlinge (Ministry of Agriculture, Entomological Section, Parasites Laboratory, Cotton Research Board, Giza; Dept. of Entomology, Faculty of Science, Cairo University, Giza) (39). — *Großbritannien.* Insekten-Virosen (Agricultural Research Council, Virus Research Unit, Cambridge). — *Indien.* Baumwoll-, Zuckerrohr-, Reis- und Senfschädlinge sowie Grundlagenforschung über parasitische Hymenopteren (Division of Entomology, Indian Agricultural Research Institute, New Delhi). — *Iran. Eurygaster integriceps* Put. (Departement Scientifique de la Protection des Végétaux, Station de Lutte Biologique, Mubarakeh). — *Israel.* Citrus-Schädlinge (Hebrew University, Jerusalem) (27 a). — *Japan.* Insektenpathologie (Agricultural Chemistry Institute, Kyushu University, Fukuoka; Sericultural Exp. Station, Tokyo). Schildläuse (Entomological Laboratory, Faculty of Agriculture, Kyushu University, Fukuoka; Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo, Hokkaido). — *Polen. Leptinotarsa decemlineata* (Say) Instytut Ochrony Roślin, Poznań). Forstinsekten (Katedra Ochrony Lasu, W.S.R. Poznań) (63). — *Portugal:* Forstinsekten (3) und tropische Schädlinge (Entomologisches Institut, Landwirtschaftsabteilung, Ministerium f. überseeische Besitzungen). — *Schweiz:* San José Schildlaus (*Quadraspidiotus perniciosus* [Comst.]) (Stations fédérales d'essais agricoles, Nyon). — *Ungarn: Hyphantria cunea, Leptinotarsa decemlineata* (Forschungsinstitut für Pflanzenschutz, Budapest). — Einen Sammelbericht über die biologische Bekämpfung in Europa gibt Franz (24).

bb) Internationale Organisationen

Obwohl die oben genannten Institutionen der Vereinigten Staaten und Kanadas in vielen anderen Ländern Sammler beschäftigen und durch Abgabe erfolgreicher Nützlingsarten auswärtige Institute unterstützen, handelt es sich hierbei doch um nationale Organisationen, allerdings mit internationaler Reichweite. Nur die folgenden zwei Stellen dienen mehreren Ländern gleichzeitig, wobei sich die Arbeit der erstgenannten vorwiegend auf Mitglieder des Britischen Commonwealth beschränkt (43).

1. Das Commonwealth Institute of Biological Control (5, 76, 77) ist eine Unterorganisation des Commonwealth Agricultural Bureaux. 1927 in England gegründet, verlegte es sein Hauptquartier 1940 nach Belleville, Ont., später nach Ottawa, beide in Kanada. In folgenden Ländern werden permanente oder zeitweilige Nebenstationen unterhalten: Kalifornien (Fontana); Pakistan (Rawalpindi); Indien (Bangalore); Schweiz (Delémont); Trinidad; eine weitere Station in Kenya, Ostafrika, ist geplant. Die Aufgabe des Institutes besteht darin, die biologische Bekämpfung in den Commonwealth-Ländern durch Beratung zu fördern, benötigte Nutzinsekten aus anderen Teilen der Welt zu beschaffen, diese auch teilweise selbst anzusiedeln, sowie über grundlegende und angewandte Untersuchungen zu berichten. Dazu kommt die Herausgabe eines Kataloges aller bisher in der Literatur erwähnten entomophagen Insekten, geordnet nach Wirten und nach Parasiten bzw. Räubern (75). Der Umfang der Aufträge nahm bisher laufend zu. Im Jahre 1952/53 wurden z. B. an 18 Mitglieder des Brit. Commonwealth 733 Sendungen mit über 400 000 nützlichen Insekten geschickt.

2. Die Internationale Kommission für Biologische Bekämpfung von Pflanzenschädlingen (Commission Internationale de Lutte Biologique contre les Ennemis des Cultures — C.I.L.B.) (7, 12, 23, 29) entstand in dem Jahre 1953, in dem bereits seit längerer Zeit geäußerten Bestreben (79), auch außerhalb des Brit. Commonwealth eine

internationale Organisation für diese Art des Pflanzenschutzes zu besitzen. Ihre Aufgabe ist die Koordination der von nationalen Instituten etc. durchgeführten Arbeiten zur biologischen Bekämpfung von Schadinsekten und Unkräutern, vor allem in Europa und im Mittelmeergebiet, wo die geringe Größe der einzelnen Länder im Widerspruch zu der großräumigen Wirksamkeit lebender Antagonisten steht. Im Gegensatz zu der unter 1) genannten Organisation besitzt die C.I.L.B. keinen Stab permanenter Mitarbeiter. Durch die folgenden drei Einrichtungen wird die Arbeit erleichtert: 1) Ein *internationaler Bestimmungsdienst* (Zentrale am Museum in Genf), der anerkannte Spezialisten für verschiedene Gruppen von Entomophagen umfaßt, dient zur Überbrückung des in allen Einzelstaaten akuten Mangels an Kennern dieser Nützlinge; zugleich fördert er durch Stipendien Nachwuchskräfte. — 2) Ein *Dokumentationsdienst* besorgt die Zusammenstellung und Publikation der alljährlich erscheinenden Weltliteratur über biologische Bekämpfung in der Zeitschrift „Entomophaga". — 3) Ein *Forschungs-* und *Anwendungsdienst* hilft bei der Planung und Durchführung der von den Mitgliedsländern gewünschten Vorhaben, vor allem durch Aufstellung von Arbeitsgruppen, die sich aus den Fachleuten für bestimmte Teilgebiete zusammensetzen. Zur Zeit bestehen Arbeitsgruppen für die biologische Bekämpfung von: *Quadraspidiotus perniciosus* (Comst.), *Leptinotarsa decemlineata* (Say), *Ceratitis capitata* Wied. u. a. Fruchtfliegen, *Hyphantria cunea* (Drury), Forstschädlingen im Mittelmeergebiet (*Thaumetopoea pityocampa* [Schiff.] u. a.), *Earias insulana* Boisd., Minierern am Zuckerrohr, zur Anwendung nützlingsschonender Schädlingsbekämpfung, zur Nutzung der *Formica rufa*-Gruppe und für mikrobiologische Verfahren (22, 25). Hierüber berichtet laufend die Zeitschrift „Entomophaga".

Literatur zu 1

1. Anonymus: Le Laboratoire de Lutte Biologique et de Biocoenotique de La Minière près Versailles (I.N.R.A.) 3 pp. (hektogr.) 1957. — 2. Anonymus: Entomology Laboratory, Biological Control Investigations, Canada Dept. Agric., Agric. Inst. *10* (6), 19—24, 1955. — 3. Azevedo e Silva, F.: Biologische Bekämpfung von Forstinsekten in Portugal. Estud. Informac. Direcc. ger. Serv. florest. agric. (Lisboa), (106—H 3), 15 pp., 1959 (Orig. portugiesisch).

4. Baird, A. B.: Biological control of insect pests in Canada with special reference to the control of the European spruce sawfly *Gilpinia polytoma* Htg. Ann. Rep. Ent. Soc. Ont. 1940. — 5. Baird, A. B.: Commonwealth Institute of Biological Control. Entom. Div., News-letter, Science Service, Dept. Agric. Canada *34* (9), 1956. — 6. Baird, A. B.: Biological control. In: Entomology in Canada up to 1956. Von R. Glen. Canad. Entomologist, *88*, 363—367, 1956. — 7. Balachowsky, A. S.: La commission internationale de lutte biologique contre les ennemis des cultures (C.I.L.B.). Entomophaga, *1*, 1—13, 1956. — 8. Boettger, C. R.: Die Haustiere Afrikas. G. Fischer Verlag, Jena, 314 pp., 1958. — 9. Bonnefoi, A.: Participation de l'Institut Pasteur de Paris à la lutte biologique contre les insectes parasites de l'agriculture. Entomophaga, *1*, 87—89, 1956. — 10. Box, H. E.: The biological control of moth borers *(Diatraea)* in Venezuela. „El Mundo Azucacero", New York, USA, *44* (6, 7, 8) 1956.

11. Campbell, C.: A proposito di una nota sui precursori nell'applicazione degli insetti carnivori a diffesa della piante collivate. Redia, *6*, 193—195, 1910. — 12. C. I. L. B.: Colloque d'Antibes (20.—22. Nov. 1956). 1956 (hektograph.). — 13. Cramer, H. H.: Über den Begriff „Waldhygiene". Allg. Forstz., *13*, 320—321, 1958.

14. Escherich, K.: Die Forstinsekten Mitteleuropas, *1*, 346—349, 1914.

15. Flanders, S. E.: The organization ob biological control and its historical development. Meded. Landbouwhogeschool Gent, *20*, 257—270, 1955. — 16. Flanders, S. E.: The role of the ant in the biological control of scale insects in California. Proc. 10. Int. Congr. Ent. (Montreal 1956), *4*, 579—584, 1958. — 17. Flanders, S. E.: Biological control. J. econ. Ent., *52*, 784—785, 1959. — 18. Forskål, P.: Descriptiones animalium, avium,

amphibium, piscium, insectorum, vermium; quae in itinere orientali observavit. (Post mortem auctoris edidit Carsten Niebuhr). Hauniae, *85*, 1775. — **19.** Franz, J.: Neue Möglichkeiten und Ergebnisse der biologischen Schädlingsbekämpfung. Mitt. Biol. Zentralanst. Berlin-Dahlem (75), 12—22, 1953. — **20.** Franz, J.: Möglichkeiten, Grenzen und Aufgaben der biologischen Schädlingsbekämpfung in Deutschland. Anz. Schädlkde., *27*, 97—102, 1954. — **21.** Franz, J.: Die gegenwärtige Situation der biologischen Schädlingsbekämpfung in Deutschland. Anz. Schädlkde., *29*, 20—24, 38—41, 1956. — **22.** Franz, J.: Generalversammlung der Internationalen Kommission für Biologische Schädlingsbekämpfung (CILB) 26.—28. Februar 1958, Paris. Nachrbl. dtsch. Pflschutzd., Braunschw., *10*, 127, 1958. — **23.** Franz, J.: Die Internationale Kommission für Biologische Schädlingsbekämpfung (CILB). Trans. 1. Conf. Ins. Path. Biol. Contr. (Praha, 1958) 605—609, 1959. — **24.** Franz, J.: Biological control of pest insects in Europe. Ann. Rev. Entomol., *6*, 1961. — **25.** Franz, J., & E. Müller-Kögler: Ein Symposium über Insektenpathologie in Darmstadt. Entomophaga, *1*, 81—105, 1956. — **26.** Friederichs, K.: Der Gegenstand der Ökologie. Stud. Generale, *10*, 112—144, 1957.

27. Gomez-Clemente, F.: Los insectos auxiliares en la lucha contra los novicos a los agrios. Algunos estudios realizados en la Estación de Fitopatologia Agrícola de Burjasot (Valencia). Bol. Pat. veg. Ent. agric., Madrid, *19*, 1—18 (1951/52), 1954. — *27* a. Greenberg, A.: Biological war against pests in Israel. Hassadeh, *38*, 295—299, 1957 (Orig. hebräisch). — **28.** Grison, P.: Organisation de la lutte biologique en France et résultats obtenus dans l'utilisation des agents pathogènes. Proc. 10. Int. Congr. Ent. (Montreal 1956), *4*, 675—679, 1958. — **29.** Grison, P.: La lutte biologique contre les insectes ravageurs des cultures dans le cadre d'une organisation internationale. Congr. Mond. Speriment. Agr., Roma, 1343—1349, 1959. — **30.** Groff, G. W., & C. W. Howard: The cultivated citrus ant of South China. Lingnaam Agric. Rev., *2*, 108—114, 1925.

31. Hartig, G. L.: Anleitung zur Vertilgung oder Verminderung der Kiefern-Raupen. Berlin, *27—31*, 1827. — **32.** Hase, A.: Zur Frage der Einführung ökologischer Bekämpfungsverfahren in Deutschland. Gartenbauwissenschaft, *9*, 100—104, 1934. — **33.** d'Hérelle, F.: Sur une épizootie de nature bactérienne sévissant sur les Sauterelles au Mexique. Compt. Rend. Acad. Sci., *152*, 1413—1415, 1911. — **34.** d'Hérelle, F.: Sur le procédé biologique de destruction des Sauterelles. Compt. Rend. Acad. Sci., *161*, 503—505, 1915. — **35.** d'Hérelle, F.: La campagne contre les Sauterelles en Tunisie. Bull. Soc. Path. Exot., *8*, 629—633, 1915. — **36.** Hörstadius, S.: Linné, die Tiere und der Mensch. Zum 250. Geburtstag Carl von Linnés am 23. Mai 1957. Naturwissenschaften, *45*, 1—4, 1958. — **37.** Howard, L. O., & W. F. Fiske: The importation into the United States of the parasites of the gipsy moth and the brown-tail moth. US. Dept. Agric. Bur. Entom., Bull., *91*, 23—24, 1911.

38. Joly, N.: Notice sur les ravages que la *Liparis dispar* (*Bombyx dispar* Latr.) a exercés aux environs de Toulouse, suivie de quelques réflexions sur un nouveau moyen de détruire certains insectes nuisibles. Rev. zool. Soc. Cuvierienne, 115—119, 1842.

39. Kamal, M.: Biological control projects in Egypt, with a list of introduced parasites and predators. Bull. Soc. Fouad Ier Ent., *35*, 205—220, 1951. — **40.** Kirby, W., & W. Spence: An introduction to entomology. Bd. I. (Deutsche Übers. Bd. I, Stuttgart, 292—293, 1823). — **41.** Krasil'ščik, I. M.: De insectorum morbis, qui fungis parasitis efficiuntur. Bull. Soc. Naturalistes Nouvelle Russie, *11*, 75—172, 1886. — **42.** Krasil'ščik, I. M.: La production industrielle des parasites végétaux pour la destruction des insectes nuisibles. Bull. Sci. France et Belg. (*19*), III. Sér., *1*, 461—472, 1888. — **43.** Krause, G.: Internationale Organisation der biologischen Schädlingsbekämpfung. Pflanzenschutz, München, *3*, 102—104, 1951. — **44.** Kruel, W.: Anwendung und Ergebnisse biologischer Bekämpfungsmaßnahmen gegen forstschädliche Insekten in der Sowjetunion. Verh. dtsch. Ges. angew. Ent., 14. Mitglvers. (Göttingen 1957), 28—36, 1958.

45. Lever, R. J. A. W.: Economic insects and biological control in the British Salomon Islands. Bull. ent. Res., *28*, 325—331, 1937. — **46.** Linné, C.: Reisen durch das Königreich Schweden, *1*, p. 255, 1756.

47. Masera, E.: Le malattie infetti degli insetti e loro indice bibliografico. Bologna, 343 pp. 1936. — **48.** Mečnikov, E.: (Die Krankheiten der Larve des Getreidekäfers). Odessa 32 pp., 1879 (russisch). — **49.** Mečnikov, E.: Zur Lehre über Insektenkrankheiten. Zool. Anz., *3*, 44—47, 1880. — **50.** Murillo, L. M.: 30 año de sanidad vegetale. Historia de una vida. Rev. Acad. Colombiana de Ciencias Exactas, Fisicas y Naturales, *10*, 5—22, 1957.

51. Paillot, A.: Les microorganismes parasites des insectes, leur emploi en agriculture. Ann. Epiphyties Paris, *2*, 188—232, 1916. — **52.** Pemberton, C. E.: History of the Ento-

mology Department Experiment Station, H. S. P. A. 1904—1945. The Hawaiian Planter's Record, *52*, 53—90, 1948. — **53.** Pemberton, C. E.: Invertebrate Consultants Committee for the Pacific, Report for 1949—1954. The Pacific Science Board, Washington, D. C., 56 pp., 1954 (mimeogr.). — **54.** Pepper, J. H.: The ecological approach to management of insect populations. J. econ. Ent., *48*, 451—456, 1955.

55a. Ratzeburg, J. Th. Ch.: Die Forst-Insecten. Bd. II, Berlin, 14—17; 33—39, 1840. — **55b.** Ratzeburg, J. Th. Ch.: Die Waldverderber und ihre Feinde. Berlin, 9—11, 1841. — **55c.** Ratzeburg, J. Th. Ch.: Die Ichneumonen der Forstinsekten. Bd. I, Berlin, 30—33, 1844. — **56.** Reiff, W.: Some experiments on flacherie in the gipsy moth. Psyche, *16*, 99—105, 1909. — **57.** Remane, A.: Ordnungsformen der lebenden Natur. Stud. Generale, *3*, 404—410, 1950. — **58.** Riley, W. A.: Erasmus Darwin and the biological control of insects. Science, *73*, 475—476, 1931. — **59.** Rubcov, I. A.: Erfolge der biologischen Bekämpfungsmethoden und Fragen der Umgestaltung der Fauna. Usp. sovrem. Biol., *30* (3), 321—344, 1950 (Orig. russ.). — **60.** Rubcov, I. A.: État et problèmes de l'étude et l'utilisation en U.R.S.S. des entomophages dans la lutte biologique contre les insectes nuisibles. Entomophaga, *2*, 125—128, 1957. — **60 a.** Rubcov, I. A.: Biological control of insect pests. Bull. Acad. Sci. U.R.S.S., Ser. biol. (4), 558—576, 1959 (Orig. russisch). — **60 b.** Russo, G.: Problemi italiani di lotta biologica dei fitofagi. Boll. Lab. Ent. Agr. „Filippo Silvestri", Portici, *16*, 141—147, 1958.

61. Sachtleben, H.: Biologische Bekämpfungsmaßnahmen. In: Handb. d. Pflkrankh. VI, 2. Halbband, Paul Parey, Berlin, 1—120, 1941. — **62.** Sachtleben, H.: Die biologische Bekämpfung und ihre praktische Bedeutung in Deutschland. Z. Pflkrankh., *53*, 86—93, 1943. — **63.** Sandner, H.: Biological control in Poland. Proc. 10. Int. Congr. Ent. (Montreal 1956), *4*, 471—474, 1958. — **64.** Scaramuzza, L. C.: Achievements in the biological control of the sugar cane borers *Diatraea* spp. (Lepidoptera: Pyralidae) in the Americas. Proc. 10. Int. Congr. Ent. (Montreal 1956), *4*, 845—850, 1958. — **65.** Schedl, K. E.: Der Schwammspinner (*Porthetria dispar* L.) in Euroasien, Afrika und Neuengland. Monogr. angew. Ent., Berlin, *12*, 1936. — **66.** Schimitschek, E.: Grundgedanken zur Waldhygiene. Forstw. Centralbl., *75*, 318—350, 1956. — **67.** Schoevers, T. A. C.: Jets over de bestrijding van schadelijke insekten door Zwammen en bacterien. T. Plantenziekten, *22*, 131—202, 1916. — **68.** Schwerdtfeger, F.: Die Waldkrankheiten. 2. Aufl. Paul Parey, Hamburg-Berlin, 485 pp., 1957. — **69.** Sellers, W. F.: A critique on the time factor in biological control. Bull. ent. Res., *44*, 273—280, 1953. — **70.** Silvestri, F.: Squarlo allo stato attuale dell'entomologia agraria negli Stati Uniti del Nord America e ammaestramenti che possono deriverne per l'agricultura italiana. Boll. Soc. Agric. Ital., *14*, 305—367, 1909. — **71.** Smith, H. S., & A. J. Basinger: History of biological control in California. 70th Anniversary Issue, Calif. Cultivator, 2 pp., 1947. — **72.** Steinhaus, E. A.: Microbial control — the emergence of an idea — A brief history of insect pathology through the nineteenth century. Hilgardia, *26*, 107—160, 1956. — **73.** Stern, M., R. F. Smith, R. van den Bosch & K. S. Hagen: The integrated control concept. Hilgardia, *29*, 81—101, 1959. — **74.** Sweetman, H. L.: The Principles of Biological Control. Wm. C. Brown Comp., Dubuque, 560 pp., 1958.

74 a. Telenga, N. A.: Biologische Schädlingsbekämpfung an den landwirtschaftlichen Kulturen und Forstpflanzen in der UdSSR. 9. Int. Konf. Quarantäne, Pflkrankh. u. Pflschutz (Moskau 1958), 17 pp., 1958. — **75.** Thompson, W. R.: A catalogue of the parasites and predators of insect pests. Belleville, Ont., Canada, ab 1943 (multigraph.). — **76.** Thompson, W. R.: The Commonwealth Bureau of Biological Control. Research, *4*, 374—376, 1951. — **77.** Thompson, W. R.: Memorandum on the history and work of the Commonwealth Institute of Biological Control. Rep. 6th Commonw. Entom. Conf., London, 22—26, 1954. — **78.** Trappmann, W.: Physikalische Bekämpfungsmaßnahmen. Handb. d. Pflanzenkrankh. VI, 1. Halbb. Paul Parey, Berlin, 283—332, 1939.

79. Union Internationale des Sciences Biologiques: Les bases scientifiques d'une organisation internationale pour la lutte biologique. Sér. B., No. 5, Paris, 1949.

80. Villa, A.: Degli insetti carnivori adoperati a distruggere le specie dannose all'agricultura. Estratto dallo Spettatore, *3*, no. 19, 35 pp., 1845. — **81.** Voûte, A. D.: Die biologische Bekämpfung der Insekten in Niederländisch-Indien. Natuurkund. T. v. Nederlandsch-Indie, *97*, 28—34, 1937. — **81 a.** Voûte, A. D.: Harmonische Bekämpfung von Insektenvermehrungen. TNO-Nieuws (146), 206—208, 1958 (Orig. niederländisch).

82. Wahl, B.: Über die Polyederkrankheit der Nonne. Centralbl. f. d. ges. Forstw., *36*, 31—42, 1910. — **83.** Wille, J. E.: El control biológico de los insectos agrícolas en el Perú. Proc. 10. Int. Congr. Ent. (Montreal 1956), *4*, 519—523, 1958.

2. Grundlagen der biologischen Bekämpfung

a) Die Typen der biologischen Bekämpfung

Bei einer zusammenfassenden Darstellung biologischer Bekämpfungsverfahren gliedert man üblicherweise nach den verwendeten Organismengruppen, die manchmal zusätzlich nach den bekämpften Schädlingsfamilien unterteilt werden (4, 11, 16, 17, 18, 20, 23, 40, 63, 74, 75, 76, 90, 96, 101, 102).

Auch hier soll dieses Einteilungsprinzip zugrundegelegt werden, allerdings zum Teil unter Berücksichtigung der im folgenden genannten wichtigsten Verfahrensweisen. Um einen Überblick über die Vielfalt der biologischen Methode zu erhalten, erscheint es jedoch ratsam, sich vorher klar zu werden, wie man überhaupt Organismen hierbei verwenden kann (34) (Abb. 1). Dem Schema liegt als wichtigstes Einteilungsprinzip die Frage zugrunde, ob ein nützliches oder schädliches Lebewesen an den adaequaten Lebensstätten seiner Verwendung bereits natürlich vorkommt bzw. vorgekommen ist oder ob es erst von Menschen dorthin gebracht werden muß. Die erste Gruppe nennen wir kurz „einheimische" oder „endemische", die zweite „fremde" Nutz- bzw. Schadorganismen. Selbstverständlich entscheidet dabei nicht die Überschreitung von Landesgrenzen darüber, ob es „fremde" oder „endemische" Lebewesen sind, die wir vor uns haben, sondern ihr natürliches Ausbreitungsbild unter Berücksichtigung ihrer ökologischen Ansprüche und ihrer eigenen Wanderungen, nicht aber menschlicher Verfrachtung. Aus einem eingeschleppten Schädling wie der Blutlaus (*Eriosoma lanigerum* Hausm.) in Europa oder einem nachträglich importierten Nützling, wie der Blutlauszehrwespe (*Aphelinus mali* Hald.), kann bei uns nie eine einheimische Art im Sinne dieser Einteilung werden, auch wenn die Blutlaus schon seit etwa 150 Jahren und ihr Parasit seit über 30 Jahren bei uns lebt und beide heute durchaus eingebürgert erscheinen. Daneben gibt es, wie einleitend gesagt, Übergangsfälle (z. B. manche Vorratsschädlinge), bei denen diese Einteilung schwierig ist. In der überwiegenden Mehrzahl aller Fälle, in denen biologische Verfahren angewendet werden, läßt sich aber von vornherein die vorgeschlagene Unterteilung nach der Herkunft vornehmen; dies gilt auch, wenn sich die Auseinandersetzung zwischen Schädling und seinem Antagonisten nicht in einer Biozönose im Sinne von Hesse (43) abspielt, sondern z. B. in einem Getreidespeicher oder einem Gewächshaus.

Wir vermeiden daher hier die Begriffe „biozönoseeigen" und „biozönosefremd", die gelegentlich in dem Sinne gebraucht worden sind, daß alles, was sich in einer Biozönose dauernd hält, „biozönoseeigen" ist (80). Dazu kommt, daß sich dies manchmal erst nach Jahrzehnten entscheiden läßt und daß innerhalb eng benachbarter Gebiete derselbe Nützling sich entweder selbständig behaupten kann oder regelmäßige Neuaussetzungen nötig hat; daher eignet sich die Wirkungsdauer einer Maßnahme als oberstes Einteilungsprinzip für die praktische Unterteilung der vorliegenden Mannigfaltigkeit weniger gut. Praktisch gleichen sich zwar manche Maßnahmen zur Nutzung von heimischen und von bereits länger angesiedelten, ihrer Herkunft nach jedoch fremden Organismen (s. unten); die prinzipielle Unterscheidung beider Kategorien erscheint aber aus den angeführten Gründen sinnvoll.

Die Abb. 1 zeigt, daß sowohl heimische als auch fremde Nutzorganismen gegen heimische Schädlinge bzw. fremde Schädlinge und Unkräuter verwendet worden sind. Für die Nutzung einheimischer Phytophagen gegen endemische Unkräuter gibt es bisher noch kein Beispiel, obwohl auch dieser Fall prinzipiell möglich wäre (13). Wie die Pfeile andeuten, ist keines der Verfahren zur Verwendung von Nutz-

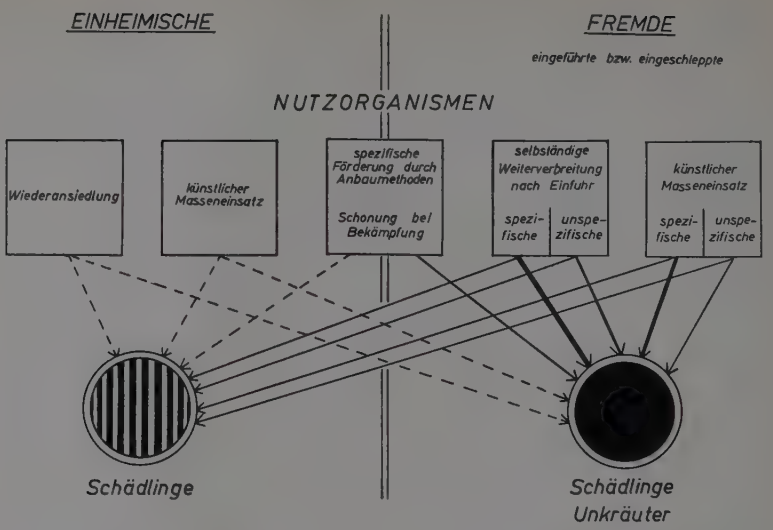


Abb. 1: Schematische Darstellung der Typen der biologischen Schädlingsbekämpfung. Linke Hälfte: Einheimische (endemische) Organismen; rechte Hälfte: Fremde Organismen. Quadrate: Art der Verwendung von Nutzorganismen; Kreise: Schädlinge und Unkräuter. Pfeile: Richtung des Einsatzes von einheimischen (gestrichelte Linie) oder fremden (ausgezogene Linie) Nützlingen gegen die entsprechenden Herkünfte der Schadorganismen. Mittleres Quadrat betrifft einheimische und fremde Nützlinge in gleicher Weise. Pfeildicke zeigt wirtschaftliche Bedeutung

organismen, die hier in Quadraten symbolisiert sind, nur auf die Wirkung gegen einheimische oder gegen fremde Schadorganismen beschränkt; aus jedem „Fach" der Quadrate gehen zwei Pfeile ab. Die Dicke der Pfeile gibt dabei an, wo bisher viele oder wenige wirtschaftliche Erfolge erzielt worden sind; es mag sein, daß sich diese Verteilung mit der Weiterentwicklung kombinierter biologisch-chemischer Verfahren ändern wird.

Die in den Quadraten angegebenen Typen der Verwendung von Nutzorganismen sind repräsentativ für eine größere Zahl verschiedener Verfahrensweisen, die in den späteren Kapiteln mit Beispielen belegt werden (vgl. auch 34). Das mittlere Quadrat symbolisiert die direkte und indirekte Förderung von Nutzorganismen, entweder durch spezifische Anbaumaßnahmen von Kulturpflanzen, Nährpflanzen für Imagines entomophager bzw. für Zwischenwirte parasitischer Insekten oder durch Schonung bei technischen Bekämpfungsmaßnahmen. Die Lage des Quadrates in der Mitte zwischen einheimischen und fremden Organismen soll andeuten, daß in diesem Fall keine prinzipiellen Unterschiede in der Nutzung verschiedener Herkünfte bestehen, sobald die neu eingeführten Arten sich angesiedelt, ausgebreitet und der übrigen Biozönose annähernd eingefügt haben (vgl. S. 173). Die Abgrenzung gegen unspezifische kulturelle Pflanzenschutzmaßnahmen ist dadurch gegeben, daß bestimmte Nutzorganismen gefördert werden, deren Bedeutung als Schlüsselfaktoren des Massenwechsels zuvor durch Untersuchungen erhärtet wurde. Die Schonung von Nützlingen bei technischer Bekämpfung bezieht sich vor allem auf jene Fälle, in denen durch örtliche und zeitliche Konzentration bei der Ausbringung chemischer

Mittel wie auch bei der Wahl möglichst selektiver, nur gegen den Schädling wirkender Stoffe die Überlebensaussicht von Nutzorganismen gesteigert und dadurch ihr Wirken unterstützt wird (s. S. 201). Beim linken Quadrat ist an solche heimischen Antagonisten von Schädlingen gedacht, die durch direkte oder indirekte Eingriffe des Menschen örtlich selten wurden oder ausgerottet worden sind und die, wie z. B. Rote Waldameisen (*Formica rufa* L.) oder insektenfressende Vögel, außer pfleglicher Wiederansiedlung keiner dauernden Versorgung bzw. Neukolonisierung bedürfen. Im Gegensatz hierzu bezeichnet das zweite Quadrat von links die Verwendung von einheimischen Nützlingen nach einer künstlichen Massenzucht, die vor jedem Einsatz zu wiederholen ist. Dieses Verfahren hat sich sowohl bei einigen entomophagen Insekten als auch bei Mikroorganismen bewährt (s. S. 51 u. 229).

Die rechte Hälfte des Schemas, welche fremde, eingeschleppte Schadorganismen und ihre nachgeführten Antagonisten behandelt, symbolisiert die klassische Form der biologischen Bekämpfung. Nach dem Auftauchen einer neuen Schadart ohne ihre Gegenspieler in neuer Umgebung, auf einem neuen Kontinent usw., besteht erfahrungsgemäß die größte Chance, die im Herkunftsgebiet übliche oder sogar eine verstärkte Wirkung natürlicher Feinde zu erreichen, wenn die örtlichen Bedingungen deren nachträgliche Kolonisation gestatten. Für das Weiterwirken der nachgeführten Nützlinge gibt es zwei vielfach realisierte Möglichkeiten, angedeutet durch die beiden rechten Quadrate: Wenn die Ansiedlung überhaupt gelingt, halten und verbreiten sich die Nutzorganismen entweder ohne menschliche Hilfe (linkes Quadrat) oder sie müssen vor der Verwendung erst regelmäßig in Massen künstlich vermehrt werden (rechtes Quadrat). Beide Gruppen umfassen spezifische und unspezifische Gegenspieler, d. h. solche, die als Feinde des betreffenden Schädlings selbst oder als solche mehr oder weniger nahe verwandter Arten eingeführt worden sind. Diese Unterteilung entfällt logischerweise bei den gegen fremde Schädlinge verwendeten heimischen Nutzorganismen. Die Pfeile des Bildes deuten an, daß sich eingeführte Nützlinge auch gegen heimische Schädlinge wenden können. — Wie jedes Schema vergewaltigt auch dieses die fließend ineinander übergehenden natürlichen Vorgänge. Es ist aber vielleicht doch geeignet, eine gewisse Ordnung in die Vielfalt zu bringen, die sich bei der Verwendung von Nutzorganismen entwickelt hat.

b) Grenzfälle

Es gibt eine Reihe von Fällen, in denen zwar Lebewesen an der Bekämpfung von Schadorganismen beteiligt sind, die aber unserer Definition nach oder wegen ihrer prinzipiellen Neuartigkeit nicht zur biologischen Bekämpfung gehören oder gerechnet werden. Definitionsgemäß gehören nicht zu unserem Thema: Resistenzzüchtung von Pflanzen gegen pflanzliche oder tierische Schädlinge, unspezifische Kulturmaßnahmen, wie Fruchtwechsel, Standorts- oder Sortenwahl, Beseitigung von Ernterückständen usw. (s. S. 3) oder das Vertreiben von Schadorganismen durch optisch, akustisch oder chemisch wirksame Verfahren, selbst wenn Lebewesen bzw. ihre Attrappen dabei beteiligt sind. Auch die Verwendung von Fangpflanzen, die Anköderung mit Hilfe von Pflanzen oder Tieren, die Beseitigung von Zwischenwirten schädlicher Pilze, der Entzug von Eiablageplätzen oder Brutstätten rechnen nur ausnahmsweise und nur dann mit zur biologischen Methode, wenn durch solche Maßnahmen eine oder einige bestimmte Nützlingsart(en) gefördert werden und

diese die Vernichtung der Schadorganismen übernehmen. Viele dieser Maßnahmen sind aber geeignet, die biologische Bekämpfung zu unterstützen, da sie sich zumeist mit der Tätigkeit von Nutzorganismen vertragen.

Auch die Verwendung von Antibiotica im Pflanzenschutz ist nicht biologische Bekämpfung in unserem Sinne; ganz gleich, ob diese Stoffe gegen die Erreger von Pflanzenkrankheiten oder gegen lebenswichtige Mikroorganismen (Symbionten) in Tieren und damit indirekt gegen Schädlinge eingesetzt werden sollen, z. B. gegen symbiontentragende Kornkäfer (*Sitophilus granarius* [L.]) (62), andere Vorratsschädlinge (99) oder Schildläuse (98). Auch hier ist, wie bei allen Grenzfällen, der Übergang fließend: gebraucht man statt der Antibiotica ihre Erzeuger, so daß ein lebendes Wesen gegen das andere antagonistisch wirkt, sind die Bedingungen der oben gegebenen Definition erfüllt.

Ein weiterer Grenzfall, der zwar definitionsgemäß zur biologischen Bekämpfung gehört, seiner Neuigkeit und Einmaligkeit wegen aber eine Sonderstellung einnimmt, ist die Verwendung sterilisierter Tiere der gleichen Art zur Verminderung der Vermehrungskraft und endlichen Ausrottung eines Schädlings. Hierbei wirkt jedes unfruchtbare Individuum als äußerst spezifischer Feind, da es durch seine Kopula das Ausbleiben von Nachkommen nur bei Artgenossen verursacht. Besonders stark ist die Einwirkung, wenn sterilisierte ♂♂ mit solchen ♀♀ kopulieren, die in ihrem Leben nur einmal begattet werden.

Dabei ist es im Prinzip gleichgültig, ob die Tiere durch Kreuzung von zwei Rassen unfruchtbare Nachkommen erzeugen, wie es für die Tsetse-Fliege (72) und den Schwammspinner (22 a) vorgeschlagen wurde, oder ob sie durch Strahlenwirkung sterilisiert werden. Die zuletzt genannte Möglichkeit wurde kürzlich gründlich besprochen (50) und auf der Insel Curaçao als praktisch brauchbar erprobt (5, 15). Dort war früher die Schraubenwurmfliege (screwworm-fly) *Callitroga hominivorax* Cqrl. (= *Chrysomyia americana* C. & P.) ein wichtiger Viehschädling, da ihre Larven in Wunden von Weidevieh und gelegentlich vom Menschen leben und dadurch ihre Wirte schwer schädigen, manchmal sogar töten. Über der Insel wurden vom Flugzeug aus männliche Puparien abgeworfen, die man in Florida massenhaft gezüchtet und dann durch Verwendung von radioaktivem Kobalt 60 sterilisiert hatte; hierdurch sank der Befall an künstlich verwundeten Test-Ziegen zuerst um 15 %. Als man die Zahl abgeworfener steriler ♂♂ von 100 je Quadratmeile und Woche auf 450 steigerte, verschwand die gesamte Population 8 Wochen später und erschien auch in den folgenden Jahren nicht wieder. Hier war es also möglich, einen Schädling auf begrenztem Areal wirklich auszurotten, dank der geringen Siedlungsdichte der Art, der geographischen Isolierung der Population und der Eigenart der Fliegenweibchen, nur einmal in ihrem Leben zu kopulieren.

Obwohl hier kein Pflanzenschädling getroffen wurde, muß dieser erste gelungene Fall des Arbeitens mit sterilisierten Artgenossen erwähnt werden, zumal zur Bekämpfung von Fruchtfliegen ähnliche Vorhaben geplant sind (97). Die Methode ergänzt unter gewissen Bedingungen die meist dichteabhängige Verwendung natürlicher Feinde, da sie um so wirkungsvoller ist, je tiefer die Populationsdichte des Schädlings sinkt. Daß es sich hier um einen Grenzfall handelt, geht schon daraus hervor, daß der Schädling nicht, wie sonst bei der biologischen Bekämpfung üblich, bei geringerer Dichte ein neues Gleichgewicht erreicht, sondern ausgerottet wird.

c) Die bevölkerungswissenschaftlichen Grundlagen der biologischen Bekämpfung

Die Organismen, die man bei der biologischen Bekämpfung verwendet, wirken zwar gegen Einzelindividuen schädlicher Tiere oder Pflanzen. Genaueres über diese individuelle Einwirkung wird später noch erörtert. Das eigentliche Ziel dieses Verfahrens ist jedoch die Beeinflussung der Schädlingspopulationen im Sinne

einer zeitweiligen oder dauernden Senkung ihrer Dichte, also ihrer Individuenzahl je Raumeinheit. Änderungen in der Dichte und in der Verteilung von Angehörigen einer Art in einem begrenzten Lebensraum, also von einer Population, bezeichnen wir als Abundanz- bzw. Dispersionsdynamik. Diese beiden Zustandsänderungen einer Bevölkerung, die selbst wieder voneinander abhängen, auf Veränderungen innerer und äußerer Faktoren zurückgehen und weitere Folgeerscheinungen innerhalb der Population bedingen, fassen wir zusammen als Populationsdynamik. Über dieses Gebiet existiert ein sehr umfangreiches Schrifttum, von dem hier und im folgenden aus Raumgründen vorwiegend zusammenfassende Darstellungen genannt werden sollen: (1, 2, 3, 6, 7, 12, 24, 27, 30, 36, 37, 38, 39, 46, 48, 51, 53, 54, 64, 67, 69, 81, 85, 87, 89, 91, 92, 94, 104, 111, 115, 121, 122, 125, 130).

Bei der überragenden Bedeutung der Insekten unter den mit biologischen Verfahren angreifbaren Schädlingen beziehen sich die folgenden Ausführungen vorwiegend auf diese Tiergruppe.

aa) Populationsdynamik

Es gibt praktisch keine Eigenschaft von Populationen, die sich nicht ständig ändert. In diesem Abschnitt sollen solche Hauptkennzeichen der Bevölkerungen stichwortartig besprochen werden, die Wandlungen der Häufigkeit und der Verteilung von Individuen begleiten, sie verursachen oder auf sie folgen.

α) Zeitlicher Ablauf der Häufigkeitsänderungen

(Abundanzdynamik). Nach Schwerdtfeger (85, 87, 89), dem wir hier aus Gründen der terminologischen Einheitlichkeit folgen, unterscheiden wir hierbei Oszillationen und Fluktuationen. Oszillationen entstehen aus der zeitlichen Inkoinzidenz von Geburten und Sterbefällen, Fluktuationen infolge quantitativer Unterschiede in Fertilität und Mortalität (88). Solche Fluktuationen, auch Massenwechsel genannt, setzen sich also zumeist aus Oszillationen zusammen, da zu Beginn jeder Generation stets mehr Individuen vorhanden sind als am Ende. Beide Formen der Häufigkeitsschwankungen lassen sich nur unterscheiden, wenn die einzelnen Generationen getrennt erfaßbar sind; sie bestimmen den Altersaufbau der Populationen, wenn mehrere Generationen nebeneinander herlaufen. Die Fluktuationskurve, die sich stets auf ein bestimmtes Stadium bezieht, schwankt von Generation zu Generation. Besonders starke Häufigkeitszunahmen werden auch Gradationen (engl. outbreaks) genannt. Nach Stellwaag (100) versteht man darunter die Gesamtheit der Erscheinungen vom Beginn einer Individuenzunahme über den Höhepunkt einer Übervermehrung bis zu ihrem Abklingen. Problematisch ist hierbei, von welcher Höhe der Dichtezunahme an man von Gradationen sprechen kann, die ja einen ausnahmsweise starken Dichteanstieg bezeichnen sollen. Nur bei Schädlingen kann man dabei von einer durch den Beginn auffälliger wirtschaftlicher Bedeutung gekennzeichneten „Schädlichkeitsschwelle" ausgehen, die überschritten werden muß. Die durchschnittliche Dichte ist eine objektivere Bezugsgröße, läßt sich aber nur definieren, wenn langfristige Beobachtungsreihen vorliegen; der Grad der Auffälligkeit hängt zu sehr von der individuellen Beobachtungsintensität ab. So gibt es leider keine populationskundlich klar zu umreißende Definition des Ausdruckes „Gradation" (vgl. S. 28).

Zwischen den Übervermehrungen befindet sich die Bevölkerung in Latenz. Je nachdem, ob Gradationen dauernd, zeitweise oder nie bei einer Art (in einem bestimmten Gebiet) vorkommen, spricht man von einem permanenten, temporären oder latenten Fluktuationstyp. Genau genommen, gibt es keine Gradationen, die beliebig lange andauern und bei denen die dichteabhängigen Faktoren nicht früher oder später zu einer Dämpfung führen. Wenn durch menschliche Eingriffe (z. B. Verschleppung von Pflanzenfressern ohne ihre natürlichen Feinde) die ursprünglichen Lebensbedingungen verändert worden sind, kann die Populationsdichte einer Art höher steigen als zuvor, die Spezies kann auch laufend schädlich werden, nie aber die Grenze überschreiten, die durch intraspezifische Konkurrenz um lebenswichtige Requisiten, wie z. B. Nahrung, gesetzt ist.

Der durchschnittliche Verlauf der Massenvermehrungen läßt sich in Gradationstypen erfassen, wobei besonders die Höhe (Amplitude) sowie die Dauer des Anstieges (Progradation) und des Abstieges (Retrogradation) der Populationsdichte wichtig sind (83, 105). Gradationstypen stehen ferner in enger Beziehung zu Biozönosetypen (82). Wenn auch der durchschnittliche Verlauf mancher Übervermehrungen recht regelmäßig ist, variiert im Einzelfall das Gradationsgeschehen unter dem Einfluß äußerer und innerer Faktoren erheblich.

β) Räumlicher Ablauf der Häufigkeitsänderungen

Nur die Betrachtung der zeitlichen und der räumlichen Komponente verhelfen zu einem richtigen Gesamtbild der Populationsdynamik. Innerhalb des vor allem von Klima, Nahrung und Ausbreitungsfähigkeit bestimmten Verbreitungsgebietes einer Art können wir, analog zu den oben genannten Fluktuationstypen, von Latenzgebiet, Massenwechsel- (oder Gradationsgebiet) und Massendauergebiet (Permanenzgebiet) sprechen (87). In diesen kommt es also zu keinen, zu gelegentlichen bzw. zu langanhaltenden Gradationen. Jeder durch ständige Neuansiedlung natürlicher Feinde erzielte Dauererfolg der biologischen Bekämpfung verwandelt ein Massendauergebiet in ein Massenwechsel- oder Latenzgebiet. In solchen Fällen wurden Schädlinge vorher gewöhnlich ohne ihren Vertilgerkomplex verschleppt. Daß sie sich in Gebieten, die sie ohne menschliche Hilfe nicht erreichen können, oft gut halten und stark vermehren, zeigt, daß das potentielle Verbreitungsgebiet vieler Tiere größer ist als ihr effektives (25). Beispiele hierfür sind der Schwammspinner *(Lymantria dispar* [L.]), der nach seiner Einschleppung in die Vereinigten Staaten große Teile der nordöstlichen USA besiedelt hat, und die San José-Schildlaus *(Aspidiotus perniciosus* [Comst.]), die von ihrer ostasiatischen Heimat aus heute fast in der ganzen Welt vorkommt, da sie vom Menschen mit ihren Wirtspflanzen verschleppt worden ist. Klima und Nährpflanze sind nicht nur für die großräumige Gliederung der Massenwechselzonen auf der Erde wichtig (26, 29), sondern auch für die Lage der Entstehungsherde. An diesen beginnt die Gradation früher als in Nachbargebieten, wo sie entweder aus den dort vorhandenen Populationsteilen (autochthon) entsteht oder wohin vom Entstehungszentrum aus die Gradation durch aktive bzw. passive Wanderung übergreift. Die Flüge der Wanderheuschrecken oder die verwehten Schwärme des amerikanischen Tannentriebwicklers *(Choristoneura fumiferana* [Clem.]) (41) lassen Schadgebiete auch weit entfernt vom eigentlichen Herd entstehen (Dispersionsdynamik). Durch derartige Überflüge können manche Populationen ihre natürlichen Feinde

z. T. abschütteln (42, 118). Solche Wanderungen sind oft, aber nicht immer, dichteabhängig. — Die folgende Einführung in die Ursachen der Populationsdynamik beziehen sich vorwiegend auf deren zeitliche Komponente.

γ) Die Ursachen der Populationsdichteschwankungen

Die Bevölkerungsdichte einer Art ändert sich, wenn Individuen zu- oder abwandern (s. vorheriger Abschnitt), und auch, wenn mehr oder weniger sterben als gleichzeitig entstehen. Dies Gegeneinander von Fruchtbarkeit (Fertilität) und Sterblichkeit (Mortalität) läßt sich in zahlreiche Faktoren auflösen, die aber immer gemeinsam wirken (19, 94). Wenn genügend Männchen vorhanden sind, die mit mehreren Weibchen kopulieren können, bestimmen Weibchenanteil (nur bei bisexueller Fortpflanzung) und Eizahl je Weibchen die Fertilität einer Population (12). Wie sich diese in der Bevölkerung auswirkt, hängt von deren Altersaufbau und der Lebensdauer der Weibchen ab. Da diese Größen aus den verschiedensten Gründen laufend variieren, halten positive und negative Elemente sich praktisch nie die Waage. Die Abundanz der Bevölkerungen schwankt also fortwährend, wobei Oszillation und Fluktuation ineinandergreifen. Diese Dynamik beherrscht die Populationen auch, wenn sie in geringer Dichte auftreten. Auffällig werden sie, wenn besonders starke Populationszunahmen (Gradationen) vorkommen; ihr Zustandekommen wird in natürlichen und noch häufiger in künstlich veränderten Lebensstätten durch besonders günstige Außenbedingungen und durch das Versagen gewisser Regulationsfaktoren bedingt (29, 35, 44, 61, 77, 78).

Bei der analytischen Betrachtung der Faktoren, welche die Abundanz bestimmen, darf man folgendes nie übersehen: sie wirken nach Art, Ort und Zeit verschieden, können endogen oder exogen, biotischer oder abiotischer Art sein und haben eine je nach der Gradationslage unterschiedliche Bedeutung; stets aber wirken sie nicht isoliert, sondern als Gesamtheit, als Komplex, den man bei Gradationen mit Gradozön bezeichnet hat (85). Außenfaktoren, wie Temperatur, Feuchtigkeit oder Nahrung, kann man entweder von außen her in absoluten Größen betrachten oder von der Aktionsbasis und Reaktionsnorm des betroffenen Tieres her verstehen (Toleranz, Hungerfähigkeit usw.). Die folgende stichwortartige Übersicht wird diesen Dualismus möglichst berücksichtigen. Da Aktion und Reaktion so eng verbunden sind, sprechen manche Autoren statt von Faktoren stets von Prozessen (92). Beispiele für die uns hier besonders interessierenden Faktorengruppen folgen jedoch erst im speziellen Teil.

Von den abiotischen Außeneinflüssen sind als wirksam bekannt z. B. Temperatur, Feuchtigkeit, Luftdruck, Luftbewegung und Licht. In dem aktuellen Wettergeschehen vereinigen sie sich und im Klima finden sie ihren langfristigen durchschnittlichen Ausdruck (52, 115, 126, 127, 128). Dazu kommen Bodeneigenschaften und die Faktoren, deren sich der Mensch bei technischen Bekämpfungsverfahren bedient (z. B. Chemikalien). Sie beeinflussen sowohl die Sterblichkeit der einzelnen Stadien als auch die physiologische Leistung, die sich z. B. in Lebensdauer und Fruchtbarkeit äußert. Das Stadium mit der größten Sterblichkeit, also der geringsten ökologischen Valenz, bezeichnet man als das „kritische Stadium" in bezug auf bestimmte Außenfaktoren. Für jede Entwicklungsstufe ist stets der Faktor am entscheidensten, der in einer am stärksten vom Optimum abweichenden Quantität und Intensität einwirkt. Unterschiedliche Mortalität der Geschlechter

und verschiedene Reaktion des Entwicklungsgeschehens beim Einzeltier unter dem Einfluß mancher Umweltfaktoren verändern das Geschlechterverhältnis und damit auch die Erzeugung von Nachkommen. Witterungsbedingungen und Lebensraum (s. unten) setzen im allgemeinen den Rahmen für die Entfaltung der Organismen, wobei sie diese direkt oder indirekt beeinflussen. In diesem Rahmen wirken biotische Faktoren als unentbehrliche Lebensgrundlagen (Requisite) oder als Begrenzungsfaktoren. Zu diesen zählen üblicherweise Nahrung, natürliche Feinde und Artgenossen. Auch sie können sich, bedingt durch ihre Qualität und Quantität, einerseits auf das Geschlechterverhältnis und die Eizahl, andererseits auf die Sterblichkeit auswirken. Aus der Integration aller Faktoren leitet sich das synökologische Optimum ab (vgl. S. 151) (73, 112, 119). Bei den natürlichen Feinden lassen sich in den meisten Fällen zwischen Krankheitserregern (Mikroorganismen), Parasiten (leben nur von einem Wirtsindividuum), Räubern (benötigen mehrere Beutetiere) und Konkurrenten (streiten um lebenswichtige Requisite) eindeutige Grenzen ziehen (vgl. S. 112). Schmarotzer, Räuber und Krankheitserreger sind die natürlichen Feinde, deren man sich bei der biologischen Bekämpfung bedient. Während Feinde auf den aktuellen Individuenbestand stets reduzierend wirken, können sowohl Nahrung als auch Artgenossen hemmen und fördern. Je nach den gerade herrschenden Bedingungen gibt es für die Dichte innerhalb der Spezies ein Optimum, dessen Unterschreitung schädigen kann (z. B. durch Gen-Verlust, Nicht-Finden der Geschlechter, Fortfall des Gruppeneffektes bei sozialen Arten), dessen Überschreitung mit wachsender Dichte besonders rigoros begrenzend wirkt (s. unten). Intraspezifische Konkurrenz einschließlich der „crowding" genannten gegenseitigen Belästigung von Artgenossen mit ihren psychischen und physischen Folgen ist die negative Seite, intraspezifische Förderung der positive Aspekt der Wechselbeziehungen von Artgenossen untereinander.

Zwischen den Bereichen abiotischer und biotischer Faktoren stehen die räumlichen Gegebenheiten, die den besonderen Bedürfnissen jeder Art entsprechen müssen und teils der belebten (z. B. Baumhöhlen), teils der unbelebten (z. B. Felslöcher) Umwelt angehören.

Wenn man die Population als Bezugseinheit wählt, gehören die obengenannten Wechselbeziehungen bereits zu den endogenen Faktoren, die man den exogenen gegenüberstellen kann, obwohl diese für sich allein ebenso wenig Aussagewert haben wie jene Auch beim Einzeltier endogen bedingt ist schließlich das Gefüge der angeborenen, inneren Faktoren *(Aktionsbasis)* mit seinen Potenzen zu spontanen Handlungen und die arteigene Regel, die den von Fall zu Fall verschiedenen Grad der Einwirkungsmöglichkeiten von Außenfaktoren ausdrückt *(Reaktionsnorm)*. Beide Grundlagen ergeben mit den Außenfaktoren zusammen Konstitution (physiologische Gesamtverfassung) und Verhalten. Beide sind echte populationsdynamische Faktoren, da sie nicht nur Fertilität und Mortalität beeinflussen, sondern sich selbst innerhalb der Populationen ändern (129). Jede Bevölkerung hat eine bestimmte Erbstruktur, die sich aus den verschiedenen Erbanlagen der Einzelindividuen zusammensetzt. Außer durch Mutationen können auch durch Abundanzänderungen („Populationswellen" in der genetischen Terminologie) qualitative Unterschiede in der Erbstruktur der Populationen hervorgerufen werden, vor allem dann, wenn der Selektionsdruck wechselt. Für diese in der

Genetik bewiesene Anschauung gibt es auch in der angewandten Entomologie einige Indizien (3, 10, 30, 86). Noch unklar ist, wie weit die einer Vererbung ähnliche oder vielleicht mit ihr identische Weitergabe von Krankheitserregern mit hineinspielt. Auf jeden Fall können physiologische Leistungen einer Population oder einer Art nicht absolut gemessen werden (z. B. als absolute Eizahl), da sie, wie alle Konstitutionsmerkmale, von variablen Außen- und Innenfaktoren abhängen. Konstitution und Verhalten bilden von der Population her gesehen die Grundlage für das Angreifen der obengenannten Faktoren. Abb. 2 zeigt schematisch, wie man sich das Zusammenspiel einiger populationsdynamischer Faktoren denken kann (93, 93 a).

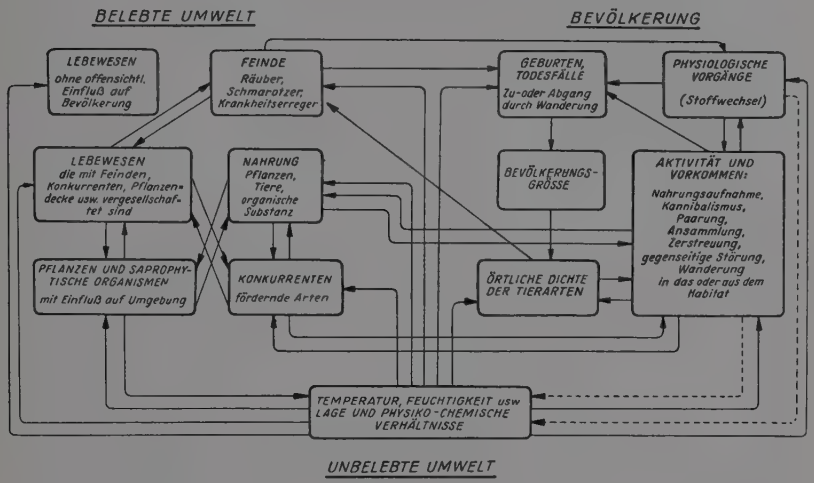


Abb. 2: Die wichtigsten Beziehungen einer Population und einer Art zu ihrer Umwelt (nach SOLOMON) (93 a)

bb) Das natürliche Gleichgewicht

Die oben gegebene, sehr gedrängte Übersicht der populationsdynamischen Einzelfaktoren erlaubt es uns, nun ihr Zusammenspiel zu diskutieren. Unter Gleichgewicht sei hier lediglich die Tatsache verstanden, daß die meisten natürlichen Populationen der Tiere gewöhnlich weder die obere, zur Selbstvernichtung führende Dichte noch die untere Grenze völliger Ausrottung erreichen. Diese natürliche Begrenzung der Populationsdichte-Schwankungen (natural control) kann vom Menschen beeinflußt werden. Um dies in unserem Sinne zu tun, d. h. um den sogenannten schädlichen Tieren ein möglichst tiefes, den nützlichen ein möglichst hohes durchschnittliches Niveau ihrer Existenz zu erlauben, ist es schon lange versucht worden, das Wirken der zu einer Begrenzung der Schwankungen führenden Ursachen zu verstehen und in eine, von den verschiedensten Naturphilosophien geprägte, Gesamttheorie einzugliedern (92, 111). Über die wichtigsten Theorien soll hier in Anlehnung an Milne (55) und unter Verzicht auf mathematische Formulierungen berichtet werden. Wir halten uns hier auch deshalb an diesen Autor, weil er mit

manchen von den Anhängern der biologischen Bekämpfung bisher bevorzugten Anschauungen scharf ins Gericht geht, trotz dieser Kritik sich aber die wirklich wesentlichen Kriterien über das Wirken natürlicher Feinde so in seine Theorie einbauen lassen, daß sie als Grundlage für das Verständnis biologischer Bekämpfungsmaßnahmen dienen kann.

Die Theorie von W. R. Thompson, erstmalig formuliert 1929 (106), später weiter ausgebaut (107, 108), läßt sich nicht leicht mit wenigen Worten wiedergeben. Die wesentlichen Punkte seien im folgenden zusammengefaßt: Im Verbreitungsgebiet aller Organismen verändern sich die Umweltbedingungen von Ort zu Ort und mit der Zeit. Die Umwelt einschließlich ihrer belebten Bestandteile variiert hauptsächlich wegen der unaufhörlichen natürlichen Schwankungen physikalischer Faktoren; aber auch jedes Lebewesen selbst beeinflußt seine Umwelt. Natürliche Dichtebegrenzung ist das notwendige Ergebnis davon, daß Organismen in einer, räumlich und zeitlich betrachtet, ständig sich verändernden Umwelt leben, wobei günstige und ungünstige Lebensbedingungen, bezogen auf die spezifischen Ansprüche der Art, abwechseln. Dann und dort, wo die Lebewesen fördernde Bedingungen antreffen, nehmen sie zahlenmäßig zu; dies dauert aber nie lange genug, um eine unbegrenzte Vermehrung zu gestatten; andererseits ist auch die Dauer ungünstiger Situationen begrenzt, so daß die Art nur dort ausgerottet wird, wo sie ohnehin nicht ständig leben kann. Wie entscheidend nicht nur das Vorkommen fördernder und hemmender Faktoren, sondern auch deren örtliches und zeitliches Zusammentreffen (Koinzidenz) mit dem entsprechenden Stadium der Population ist, hat kürzlich Thalenhorst (104) ausführlich dargestellt. Zu dieser Anschauung von Thompson läßt sich sagen, daß sie mit der Betonung der Begrenztheit aller Lebensbedingungen in räumlicher und zeitlicher Beziehung sicher einen wichtigen Teil des Ursachenproblems erfaßt; allerdings berücksichtigt sie die Mechanismen dichteabhängiger Regulation (s. unten) nicht genügend und erschwert daher die experimentelle Prüfung natürlicher Begrenzungsfaktoren.

Ihr Gegenpol ist die Theorie von Nicholson, die seit 1933 mehrfach, zuletzt 1954 in erweiterter, aber grundsätzlich gleicher Form publiziert worden ist (64, 65, 66, 67, 68 a, 69).

Die wesentlichen Bestandteile dieser Anschauung geben folgende wörtlich übersetzten Zitate aus seiner Arbeit von 1930: „Bevölkerungen müssen mit ihrer Umwelt in einem Gleichgewichtszustand sein" (S. 176). „Zur Erreichung dieses Gleichgewichtes ist es wesentlich, daß ein Begrenzungsfaktor stärker gegen ein durchschnittliches Individuum wirkt, wenn die Dichte der Tiere hoch ist, und schwächer, wenn sie niedrig ist" (S. 135). „Dabei ist es entscheidend, daß der Effekt eines Begrenzungsfaktors von der Dichte der Bevölkerung, auf die er wirkt, beeinflußt wird, und Konkurrenz scheint der einzige Faktor zu sein, der so gesteuert werden kann . . ., allgemeine Konkurrenz zwischen Tieren, wenn sie die lebensnotwendigen Requisiten suchen oder Konkurrenz zwischen natürlichen Feinden, die sie verfolgen" (S. 176).

H. S. Smith (91) nannte solche Faktoren, die umso stärker wirken, je höher die Populationsdichte ansteigt, einfacher „dichteabhängig" (density-dependent), und solche, die nicht in ihrer Wirksamkeit von der Dichte beeinflußt werden, „dichteunabhängig" (density-independent). Dieses Grundschema wurde später erweitert durch Benennung der Faktoren, die bei hoher Populations-Dichte eine geringere Wirkung haben als bei niederer, als „umgekehrt dichteabhängig" (inverse density-dependent) (1) und durch Bezeichnung des verzögerten Effektes mancher dichteabhängiger Faktoren (wie der natürlichen Feinde) als „verzögert dichteabhängig" (delayed density-dependent) (95, 116, 117) (vgl. S. 137). Nicholson (67) gibt neuerdings selbst ergänzende Definitionen, um die mehr oder weniger große Einwirkung auf das Dichteniveau auszudrücken („density governing, density legislative" usw.), stellt aber fest, daß „density governing" dasselbe meint wie „density depending" nach Smith (91). Alle anderen Faktoren müssen somit, da es keine andere Alternative gibt, dichteunabhängig sein. Das Grundkonzept der Theorie von Nicholson,

dem sich zahlreiche andere Autoren angeschlossen haben (27, 51, 116, 120, 121), lautet also:

1. Die Umwelt einer Population besteht aus dichteabhängigen und dichteunabhängigen Faktoren.

2. Eine regulative Begrenzung der Populationsdichte bewirken nur dichteabhängige Faktoren, die sich vorwiegend zusammensetzen aus a) direkten Konkurrenten um lebensnotwendige Dinge und Raum, b) Parasiten, c) Räubern, und d) Krankheiten.

Um die Vorgänge bei der Tätigkeit natürlicher Feinde einer mathematischen Behandlung zugänglich zu machen, postuliert NICHOLSON u. a. folgende Voraussetzungen: Nur die Wirte haben eine festgelegte Fruchtbarkeit, die der Feinde (es werden nur Innenparasiten betrachtet) ist unbeschränkt. Die Wirte sind gleichmäßig über eine einheitliche und konstante Umwelt verteilt. Die Suchfähigket des Parasiten (area of discovery) hängt nicht von der Populationsdichte des Wirtes ab. Die Parasitenindividuen beeinflussen sich beim Suchen nicht gegenseitig und suchen ungerichtet (random searching). Der Bruchteil der Wirte, der von einem gewissen Parasiten gefunden wird, ist von der Wirtsdichte unabhängig; er steigt, wenn die Parasiten zunehmen, aber nicht proportional der ansteigenden Parasitenzahl, da sich deren Tätigkeit überschneidet. Die Beziehung zwischen Parasitierungsprozentsatz und Parasitendichte läßt sich in der Konkurrenzkurve (competition curve) als e-Funktion ausdrücken. Kennen wir die Werte für Suchfähigkeit des Parasiten (area of discovery) und die Vermehrungskraft des Wirtes, können wir die „beständige Dichte" (steady density) des Wirtes berechnen. Darunter versteht NICHOLSON die Dichte, die der Wirt in einem Zustand stabilen Gleichgewichtes erreicht und welche unverändert bleibt, wenn auch die Außenbedingungen sich nicht ändern. Diese Voraussetzungen erlauben es, eine Reihe von Gleichungen für hypothetische Wirt-Parasiten-Situationen abzuleiten. Da das Zusammenwirken dieser hypothetischen Wirte mit einem spezifischen Parasiten mit oder ohne Hyperparasit doch nicht zu dem postulierten Gleichgewicht, sondern zur Ausrottung des Wirtes geführt hätte, wurden zusätzliche theoretische Annahmen über die Verteilung der Tiere im Raum gemacht.

Diese Theorie hat sehr anregend auf die populationsdynamische Forschung gewirkt. Dadurch und durch die Betonung der dichteabhängigen Faktoren hat sie ihre großen Verdienste. Andererseits sind die meisten der obengenannten Voraussetzungen so unnatürlich, daß die hypothetischen Wesen eher Gasmolekülen als Organismen gleichen. Weder die postulierte Konstanz der Umweltfaktoren noch die der physiologischen Leistungen, z. B. der Vermehrungskraft, gibt es in Wirklichkeit. THOMPSON (107) sagt richtig: „Es gibt keine Methode, um die erstaunliche Mannigfaltigkeit natürlicher Kräfte so herabzudrücken oder ihre unvoraussagbaren Unregelmäßigkeiten so auszugleichen, daß sie einer mathematischen Behandlung zugänglich werden". Obwohl es ziemlich klar sein sollte, daß die von NICHOLSON gemachten Voraussetzungen in der Natur nicht vorkommen, somit auch dort die Theorie nicht bestätigt werden kann, wurde dies mehrfach versucht. Am bekanntesten ist die Untersuchung von VARLEY (116), der sich bemüht, aus zweijährigem Studium der Populationsschwankungen einer Bohrfliege (Trypetidae) *(Urophora jaceana* [Hering]) eine Bestätigung der Nicholsonschen Theorie abzulesen. Daß dieser Versuch aus logischen, statistischen und biologischen Gründen mißlungen ist, haben kürzlich mehrere Autoren gezeigt (3, 55). Experimente mit *Musca domestica* L. und ihrem spezifischen Parasiten *Nasonia vitripennis* (Walk.) sollten unter absolut künstlichen, den Nicholsonschen Praemissen möglichst gut angenäherten (und damit sehr unnatürlichen) Bedingungen ein Modell für das Gegeneinanderspiel von Wirt und Parasit liefern (22). So gelang es in diesen und einigen anderen Fällen, wenigstens für einige Generationen eine Entwicklung zu erreichen, die der theoretisch geforderten ähnlich sah (114). Da die ursprüngliche Theorie zu Bevölkerungsfluktuationen führte, die mit den Beobachtungen nicht übereinstimmten, haben manche Autoren die Voraussetzungen erweitert und eigene hypothetische Dämpfungsfaktoren eingeführt (67, 109, 123). Entweder soll z. B. ein Parasit zwei Wirte benötigen, von denen aber nur einer von ihm reguliert wird, oder die Fertilität des Wirtes soll doch dichteabhängig, oder seine Mortalität soll der Dichte teils direkt, teils umgekehrt proportional sein. Tatsächlich gibt es für so etwas einige Beispiele aus der Natur, und die Durchrechnung

führt zur Dämpfung der Bevölkerungsschwankungen. Durch zahlreiche Zusatzhypothesen lassen sich also Kurven konstruieren, die den im Freiland beobachteten mehr oder weniger ähneln (vgl. Sammelbericht bei 14). Damit ist aber keineswegs bewiesen, daß die Natur dabei ebenso vorgegangen ist wie der Konstrukteur. Thompson hat als einer der ersten mathematische Modelle verwendet; er hat aber auch sehr bald ihre Grenzen und Gefahren erkannt und sagt darüber z. B. (107): „Die natürlichen Bedingungen entsprechen eindeutig nicht den Bedingungen in den Gleichungen ... und es ist nutzlos und schlimmer als nutzlos, vorzugeben, daß sie es tun, da derjenige, der in diesem Glauben befangen ist, versucht sein kann, die Tatsachen in eine nicht zu ihnen passende Form zu pressen oder als Tatsachen nicht die natürlichen Dinge, sondern ihre selbstkonstruierte mathematische Wiedergabe anzusetzen." Ullyett (113) prüft in einer ausführlichen Untersuchung die Grenzen mathematischer Verfahren in der Biologie und behandelt vor allem die in diesem Zusammenhang wichtigen Fragen einer Berechenbarkeit der Erfolgsaussichten von natürlichen Feinden; auf Grund eigener und fremder Versuche lehnt er diese Möglichkeit grundsätzlich ab (vgl. aber 124).

Auf die Theorie von Nicholson hier etwas ausführlicher einzugehen, ist notwendig, da sie — abgesehen von ihrer mathematischen Formulierung — auf den ersten Blick einleuchtet und daher nicht kritisch genug geprüft worden ist. „Dichteabhängige Faktoren" sollen das Gleichgewicht der Bevölkerung regulieren, indem sie Absinken und Ansteigen der Dichte, von dieser beeinflußt, abbremsen. Sie funktionieren dadurch, daß sie die Einzeltiere entweder von der Fortpflanzung abhalten oder sie beseitigen. Wenn diese Faktoren eingreifen, tragen sie also immer zu einer *Verminderung* der Bevölkerung bei. Definitionsgemäß nimmt ihre Wirkung zwar mit sinkender Dichte immer mehr ab. Wenn dichte*un*abhängige Einflüsse jedoch weiter reduzierend wirken, können dichte*ab*hängige Faktoren, die ja niemals positiv sein können, dies nicht verhindern, wenn die Verlustzahlen größer sind als die Vermehrungskraft; trotz dichteabhängiger Regulationsfaktoren würde dann die Population verschwinden. Somit beruht, wie wir später noch sehen werden, die Begrenzung des Populations*rückganges* letztlich auf dichteunabhängigen Faktoren.

Beim Anstieg der Bevölkerungsdichte nimmt dagegen die Bedeutung dichteabhängiger Einflüsse zu. Wäre ihre Wirkung vollkommen von der Dichte abhängig, d. h. bestände eine exakte lineare oder gekrümmte Beziehung zwischen ihrem Einfluß und der Dichtezunahme, würden diese Faktoren tatsächlich die Bevölkerungszunahme begrenzen können. Wären die natürlichen Feinde und konkurrierenden Arten solche perfekt dichteabhängigen Begrenzungsfaktoren, müßte ihre Zahl oder durchschnittliche Wirkung *allein* durch die Dichte ihrer Wirte bzw. Beutetiere bzw. Konkurrenten bestimmt sein. Ökologische Untersuchungen der letzten Dezennien haben aber übereinstimmend gezeigt, daß Populationsschwankungen stets von *zahlreichen Faktoren* verursacht werden. Nicholson erkennt das für seine hypothetischen Wirtstiere wohl an, nicht aber für die natürlichen Feinde. Da Feind und Opfer nicht identische Arten sind, *muß* jede Reaktion des Feindes auf die Dichte seines Opfers durch andere Einflüsse modifiziert werden, und zwar durch solche, die für die Feindart spezifisch sind, und durch solche, auf die Feindart und Opfer in verschiedener Weise reagieren. Ein *Feind kann daher nicht exakt auf Änderungen der Populationsdichte seines Opfers reagieren und dieses nicht allein für unbegrenzte Zeit in Schach halten*. Diese von W. R. Thompson (106) bereits angedeuteten Zusammenhänge hat Milne (55, 56) kürzlich klar herausgearbeitet. Seine

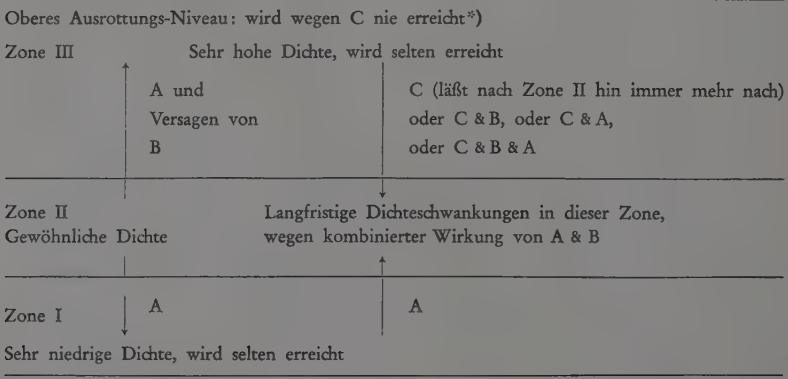
Auseinandersetzung mit den Vertretern der biologischen Schädlingsbekämpfung, vor allem von der University of California, zeigt, daß es keine Beweise für eine vollkommen dichteabhängige Begrenzung einer Tierart durch einen oder mehrere Antagonisten im Freiland gibt (21, 58). Andererseits haben die erwähnten Untersuchungen ergeben, daß durch Hinzufügen neuer Feindarten nun die Population auf niedrigerer Dichte begrenzt wird. Wenn es auch aus logischen Gründen günstig ist, vollkommene und unvollkommene Dichteabhängigkeit zu unterscheiden, ist die Kontroverse zwischen den genannten Autoren an sich überflüssig; es gibt nämlich definitionsgemäß nur eine Sorte von antagonistischen Lebewesen, die auf alle Umwelteinflüsse ebenso reagieren wie ihre Gegenspieler und diese daher auch vollkommen und dauernd begrenzen können: die Artgenossen.

Die Theorie von Milne (55, 56) geht von der Anschauung aus, daß zwischen der Population einer Art und ihrer Umwelt gar kein Gleichgewicht besteht. Nicholson (67) vergleicht die Bevölkerung im Gleichgewicht mit einem Seiltänzer; Milne erweitert diesen Vergleich und stellt fest, daß niemand auf einem Seil gehen kann, wenn dies ständig und unvorhersehbar nach allen Seiten bewegt wird. Die Abundanz einer Bevölkerung nimmt zu, wenn es die Außenbedingungen erlauben, und geht zurück, wenn sie es vorschreiben. Es besteht wohl ein Gleichgewicht, aber nur innerhalb des Ökosystems (= Holozöns). Fördernde und hemmende Lebensbedingungen sind im Verbreitungsgebiet einer Art so ausbalanciert, daß die Populationen weiterbestehen, d. h. begrenzt werden. Diese im wesentlichen der Anschauung von Thompson entsprechende Gesamteinstellung wird durch folgende, teilweise von Nicholson übernommene Elemente bereichert. Es gibt immer einen wirklich dichteabhängigen Begrenzungsfaktor, und zwar die innerartliche Konkurrenz. Diese reagiert zahlenmäßig exakt auf numerische Änderung; ökologische Ansprüche wie physiologische Leistungen der Individuen gleichen sich so weit, daß im ersten Ansatz die Außeneinwirkungen für alle als gleich angesehen werden können. Die intraspezifische Konkurrenz beginnt, wenn die Dichte im Verhältnis zu den erreichbaren Requisiten (Nahrung, Raum usw.) so hoch wird, daß sich die Einzeltiere nicht mehr voll entfalten können. Oberhalb dieser Grenze reagiert dieser Begrenzungsfaktor genau und ohne Verzug (68). Er ist dadurch letztlich dafür verantwortlich, daß die Bevölkerung nicht unendlich weiter wächst und sich dadurch selbst vernichtet. Mit zunehmender Belastung der Einzeltiere zeigt es sich außerdem, daß diese nicht genau identisch sind, sondern konstitutionell etwas verschieden, und daß einige mehr vertragen oder eher abwandern als andere. Aussterben einer Art in ihrem gesamten Bereich durch Verbrauch aller Lebensgrundlagen (Übervölkerung) dürfte daher in der Natur nur selten vorkommen (vgl. unten).

Meist schwankt jedoch die Dichte einer Art und einer Population in einem mittleren Bereich, in dem intraspezifische Konkurrenz nach Ansicht von Milne keine wesentliche Rolle spielt (vgl. aber 24). Hier wird sie durch die kombinierte Tätigkeit dichteunabhängiger und unvollkommen dichteabhängiger Faktoren gehalten, die sich untereinander und gegenseitig kompensieren. Erst langfristige, quantitative Populationsstudien (84, 85) zeigen, daß bei manchen Arten Übervermehrungen (Gradationen) nur ganz selten vorkommen, in manchen Gebieten nie. In Zonen gleichmäßig günstiger Lebensverhältnisse treten biotische Begrenzungsfaktoren relativ häufiger in Aktion als in klimatisch-edaphisch ungünsti-

geren Gebieten, in denen dichteunabhängige Mortalitätsursachen überwiegen. Huffaker (45) weist darauf hin, daß je nach dem Wohngebiet eines Autors er dazu neigt, die eine oder andere Form der Begrenzung zu überschätzen. — Durchbricht eine Population die sie üblicherweise begrenzenden Einflüsse, so tritt als letzte Rettung vor der Selbstausrottung durch Übervölkerung stets der innerartliche Wettbewerb in Aktion. Im Sinne einer funktionellen Definierbarkeit wäre es sehr erwünscht, wenn man den Ausdruck „Gradation" auf solche Spitzen der Fluktuationskurven beschränken könnte, bei denen dieser begrenzende Mechanismus wirksam wird. Solange wir aber noch so wenig über die wechselnde Aufnahmefähigkeit der Umwelt für eine Tierart wissen und daher die Dichteschwelle, bei der intraspezifische Konkurrenz beginnt, auch nicht sicher bestimmen können, bleibt die funktionelle Definition des Ausdruckes ein Fernziel. — Bei der Besprechung der Theorie von Nicholson wurde bereits ausgeführt, daß allein die dichte u n abhängigen Faktoren einen schroffen Populationsrückgang aufhalten können; dichteabhängige Einflüsse von anderen Tieren können nichts zu der Population hinzufügen. Allerdings gibt es Beispiele dafür, daß ein Zusammenwirken von Artgenossen auch günstige Folgen haben und zum Aufstieg einer stark reduzierten Bevölkerung beitragen kann (soziale Insekten, positiver crowding Effekt) (1).

Bevor wir die Wirkung unvollkommen dichteabhängiger Faktoren genauer betrachten, soll die Anschauung von Milne (55, 56) noch an Hand einer von ihm gegebenen Schemazeichnung erläutert und ergänzt werden.



*) Nie, falls das Bezugsgebiet nicht zu klein und Aus- bzw. Einwanderung möglich ist.

Schema für die Theorie von Milne *über die Begrenzung einer Population*

A = Gesamteinfluß dichteunabhängiger Faktoren
B = Gesamteinfluß unvollkommen dichteabhängiger Faktoren
C = Der einzige vollkommen dichteabhängige Faktor: intraspezifische Konkurrenz

Die Pfeile zeigen zahlenmäßige Abweichungen von der üblichen Dichte (Zone II) nach oben und unten so wie eine Rückkehr zu dieser Zone. Die verursachenden Faktoren sind neben den Pfeilen eingetragen.

Zu dieser sehr einfachen Darstellung sei noch ergänzend bemerkt:

a) Die durch waagerechte Linien angedeuteten Grenzen der Dichtezonen sind als allmähliche Übergänge zu verstehen.

b) Ihre Höhe ist von den ökologischen Ansprüchen der Art ebenso abhängig wie von den zuvor aufgeführten populationsdynamischen Faktoren. Besonders der Beginn intraspezifischer Konkurrenz hängt von der aktuellen Aufnahmefähigkeit der Umwelt (environmental capacity) ab (vgl. auch 57). Diese Konkurrenz kann bei sehr niedriger Dichte beginnen, wenn die spezifischen Umweltverhältnisse, welche die Art benötigt, örtlich oder zeitlich selten realisiert sind.

Wollte man vollständig sein, wären z. B. bei dem aus Zone I nach Zone II führenden Pfeil außer dichteabhängigen Faktoren auch positive crowding-Wirkungen anzugeben (soziale Insekten usw.). Wenn man besonders darauf hinweist, lassen sich auch genetisch bedingte Konstitutionsänderungen unter den unvollkommen dichteabhängigen Faktoren mit verstehen, obwohl es sich um grundsätzlich andere Vorgänge als beim Eingreifen natürlicher Feinde handelt (30). Das Schema verzichtet bewußt auf die Darstellung komplexer Zusammenhänge, um die Hierarchie der Begrenzungsfaktoren herauszustellen, die für die verschiedenen Phasen der Dichteänderung vorwiegend verantwortlich sind.

c) Die Ausrottung kleiner Populationen ist nicht so selten, wie man es beim Wirken perfekter Regulationsmechanismen annehmen müßte. Die Aussage, daß so etwas nie vorkommt, bezieht sich auf das gesamte Areal einer Art in einem ausbalancierten Ökosystem; dies sollte besser als seltenes Ereignis bezeichnet werden. Schließlich sind im Laufe der Erdgeschichte die meisten Tierarten ausgestorben (3), und in Randgebieten ihrer Verbreitung geschieht das laufend mit kleinen Populationen.

Die Rolle der unter dem Namen „unvollkommen dichteabhängige Begrenzungsfaktoren" zusammengefaßten natürlichen Feinde (= artfremde Konkurrenten, Räuber, Parasiten und Krankheiten) soll noch erläutert werden. Milne (55) erkennt ihnen eine Tendenz zu, nach aufwärts führende Dichteschwankungen zu dämpfen, Gradationen seltener werden zu lassen und den Bereich durchschnittlicher Populationsschwankungen (Zone II) zu senken. Das Bevölkerungsniveau selbst wird innerhalb dieser Zone, wie aus Schema und vorhergehendem Text zu entnehmen, von dem Zusammenspiel der unvollkommen dichteabhängigen und der dichteunabhängigen Faktoren abgeleitet. Die Amplitude der Bevölkerungsschwankungen (Fluktuationen) soll durch die natürlichen Feinde nicht sicher verkleinert werden, da sie nach diesem Autor ebensoviel zum Ausschlag der Dichte nach unten beitragen, wie sie diese bei der Aufwärtsbewegung dämpfen.

Um diese für die Praxis der biologischen Bekämpfung wichtige Frage diskutieren zu können, wollen wir prüfen, über welche Eigenschaften wirksame natürliche Feinde verfügen müssen. Vorausgeschickt sei, daß die Existenz solcher Antagonisten offenbar Selektionsvorteile für die durch sie teilweise begrenzte Art hat, weil dadurch seltener der absolut wirksame Begrenzungsmechanismus innerartlicher Konkurrenz mit seinen oft katastrophalen Folgen (z. B. Vernichtung der Nährpflanze) einzugreifen hat.

Allgemein gilt für alle Mortalitätsfaktoren, daß ihre Veränderlichkeit für den regulatorischen Effekt wichtiger ist als ihre absolute Größe. Hierbei unterscheiden wir eine zahlenmäßige und eine funktionelle Reaktion (numerical bzw. functional response) der Feinde auf Dichteänderungen ihrer Wirte (Beutetiere) (60). Zahlenmäßige Änderungen, also z. B. die Vermehrung eines Parasiten nach Zunahme einer Wirtsart, treten zwangsläufig (da die Vermehrung Zeit erfordert) gegenüber der

Wirtsdichte verzögert auf (vgl. S. 24). Funktionelle Reaktionen der Feinde, also z. B. die Umstellung von Räubern auf eine massenhaft vorhandene Beuteart, erfolgen dagegen meist ohne Verzug, können aber nach Überschreiten einer optimalen Dichte der Beutetiere wieder verschwinden (Sättigungseffekt). Faktoren, welche die Sterblichkeit nach allgemein hohen Verlusten anderer Art ändern, haben besonders weitreichende Wirkung, da die Bedeutung der Einzelfaktoren zu der vorhergehenden und gleichzeitigen Gesamtsterblichkeit in hyperbolischer Beziehung steht (59).

Wirksame natürliche Feinde können die Zone üblicher Dichteschwankungen ihrer Wirte, Beutetiere oder Konkurrenten (gemeinsam hier als W [Wirte] bezeichnet) stark herabdrücken. Ob sie hierzu fähig sind, hängt von verschiedenen Umständen ab, die für entomophage Arthropoden später noch eingehend besprochen werden (vgl. S. 156). Solche Feindarten, die mit den wenigsten W-Individuen auskommen können, haben die relativ höchste Vermehrungskraft bei geringster W-Dichte; sie sind als wirksame Arten natürlicher Feinde anzusehen (low density dependent). Für entomophage Tiere gilt noch, daß vor allem eine hohe Suchfähigkeit der ♀♀ wichtig ist, die sich zumeist mit geringer Fruchtbarkeit, aber hoher Aktivität und Wirtsspezifität verbindet (28). Letztere kann gelegentlich (fakultativ) auftreten, so bei polyphagen Arten, die sich auf eine Beute einstellen, oder immer vorhanden sein (obligatorisch) (vgl. S. 126). Die meisten durchschlagenden Erfolge der biologischen Bekämpfung werden mit obligatorisch spezifischen Feinden erzielt. Bei der natürlichen Begrenzung vieler Arten betätigen sich unterhalb einer gewissen Wirtsdichte mehr polyphage bzw. fakultativ spezialisierte Feindarten, oberhalb dieser Grenze (escape phase) mehr obligatorische Spezialisten (78, 103, 121, 122). Die frühere Auffassung, daß natürliche Feinde und vor allem spezialisierte Arten stets erst oberhalb einer sehr hohen Wirtsdichte eingreifen, läßt sich angesichts der dauerhaften Senkung des Populationsniveaus nach Einfuhr solcher Gegenspieler nicht verallgemeinern. Außerdem beweisen die Übervermehrungen von Schädlingen nach der Entfernung ihrer Gegenspieler durch Pflanzenschutzmittel oder andere Eingriffe, daß der regulatorische Effekt vieler natürlicher Feinde nicht an eine hohe Wirtsdichte gebunden ist (32, 33, 71, 79). Wohl haben alle diese Feinde eine Schwelle der Populationsdichte ihrer Wirte, oberhalb der sie erst merkbar begrenzend wirken; diese Schwelle liegt aber oft tiefer als die Schwelle der Auffälligkeit oder gar der Schädlichkeit.

Ohne hier auf weitere Einzelheiten einzugehen, sei festgehalten, daß es sehr verschiedene Stufen der Anpassung natürlicher Feinde an ihre Opfer und unterschiedliche Grade ihres Begrenzungseffektes gibt. Keineswegs darf man allen Feindarten von vornherein zuerkennen, daß sie mehr oder weniger dichteabhängig eingreifen (49, 70). Gegen katastrophale Umweltveränderungen sind sie meist empfindlicher als ihre Opfer (9). Die wirksamsten unter ihnen kommen dagegen in die Nähe des, wie Milne richtig angibt, übergeordneten und absoluten Begrenzungsfaktors (intraspezifische Konkurrenz) vor allem dann und dort, wenn und wo a) die Klimaverhältnisse nicht das Wirken natürlicher Feinde beeinträchtigen und b) die ökologischen Ansprüche der Feindart denen des Wirtes sehr ähneln, so daß die unterschiedlichen Reaktionen auf dichteunabhängige Faktoren vernachlässigt werden können. Wenn wir diese graduellen Unterschiede beachten und weiter bedenken, daß durch Zusammenwirken mehrerer Feindarten zwar keine vollkommene, aber eine erhöhte Dichteabhängigkeit solcher Begrenzungsfaktoren entstehen kann, lassen sich die Auffassungen von Vertretern biologischer Bekämpfung (21) und von Milne weitgehend einander nähern.

Unsere Ausgangsfrage, ob auch unvollkommen dichteabhängige Faktoren die Amplitude der Populationsdichte-Schwankungen verkleinern können, läßt sich nun beantworten. Sehr viele Beobachtungen weisen darauf hin, daß mit der größe-

ren Vielfalt einer Biozönose auch die Gradationswahrscheinlichkeit ihrer Glieder abnimmt und daß zugleich mit der Zunahme der Artenzahl deren mittlere Dichte zurückgeht (8, 39, 78, 92, 94). Aus der Sicht des Produktionsbiologen gesehen heißt das: eine ausgeglichene Biozönose strebt nach einem Maximum an autotropher Produktion und einem Minimum an hererotrophen Populationen (47). Einförmige und arme Biozönosen führen andererseits eher zu Massenvermehrungen (Beisp. Wanderheuschrecken, Nadelholz-Insekten). Die Amplitude solcher Fluktuationen ist dann extrem groß, wobei die Arten nach dem Zusammenbruch der Gradationen örtlich manchmal fast aussterben. Ein derartiges Absinken der Populationsdichte bis in die Nähe des Ausrottungs-Niveaus kommt auch nach Katastrophen vor, die, wie Witterungsextreme oder jahreszeitlich bzw. durch die Phytophagen selbst bedingte Änderung der Nahrungsqualität, unabhängig von den natürlichen Feinden sind und ohne deren Mitwirken ablaufen. Nach der Minusseite können also im Verbreitungsgebiet einer Art Schwankungen gar nicht mehr viel stärker werden, wenn durch Vielfalt der Lebensbedingungen eine reiche Biozönose besteht und abpuffernd wirkt. Wir sehen daraus, daß die wesentliche Dämpfung bei den positiven Ausschlägen auftritt und nicht durch verstärkte negative Zacken ausgeglichen wird, oder anders gesagt, daß auch unvollkommen dichteabhängige Begrenzungsfaktoren tatsächlich die Amplitude der Bevölkerungsbewegungen zu dämpfen vermögen und nicht nur das mittlere Niveau der Fluktuationen lediglich nach unten verschieben. In diesem Sinne sollen in den folgenden Abschnitten die Ausdrücke „begrenzen", „dämpfen" und „regulieren" als gleichsinnig verwendet werden, wenn es sich um die Tätigkeit natürlicher Feinde handelt.

Literatur zu 2

1. Allee, W. C., A. E. Emerson, O. Park, T. Park & K. P. Schmidt: Principles of Animal Ecology. W. B. Saunders Co., Philadelphia u. London, 837 pp., 1949. — 2. D'Ancona, U.: Der Kampf ums Dasein. Berlin, 1939. — 3. Andrewartha, H. G., & L. C. Birch: The Distribution and Abundance of Animals. Univ. Chicago Press, Chicago-Illinois, 782 pp., 1954.

4. Balachowsky, A. S.: La lutte contre les insectes. Payot, Paris, 380 pp., 1951. — 5. Baumhover, A. H., A. J. Graham, B. A. Bitter, D. E. Hopkins, W. D. New, F. H. Dudley & R. C. Bushland: Screw-worm control through release of sterilized flies. J. econ. Ent., *48*, 462—466, 1955. — 6. Bodenheimer, F. S.: Welche Faktoren regulieren die Individuenzahl einer Insektenart in der Natur? Biol. Zentralbl., *48*, 714—739, 1928. — 7. Bodenheimer, F. S.: Animal Ecology To-Day. W. Junk, Den Haag, 276 pp., 1958. — 8. Bodenheimer, F. S.: Outlines of the epidemiology of agricultural pests in a subtropical climate. Proc. 9. Int. Congr. Ent. (Amsterdam, 1952) 251—253, 1953. — 9. Bodenheimer, F. S., & M. Schiffer: Mathematical studies in animal populations. I. A mathematical study of insect parasitism. Acta biotheoretica, *10*, 23—56, 1952. — 10. Bombosch, S.: Über Änderungen der physiologischen Leistungen von *Ips typographus* L. bei einer ungestört ablaufenden Massenvermehrung. Proc. 9. Int. Congr. Ent. (Amsterdam, 1952), *1*, 675—678, 1953. — 11. Brandt, H.: Tierische Nützlinge im Obst- und Gemüsegarten, Bayer. Landw.-Verlag, München, 1951. — 12. Bremer, H.: Grundsätzliches über den Massenwechsel von Insekten. Z. angew. Ent., *14*, 254—272, 1929. — 13. Brod, G.: Studien über *Cercospora mercurialis* Passer im Hinblick auf eine biologische Bekämpfung des Schuttbingelkrautes (*Mercurialis annua* L.). Phytopath. Z., *24*, 431—442, 1955. — 14. Burnett, T.: Experimental host-parasite populations. Ann. Rev. Ent., *4*, 235—250, 1959. — 15. Bushland, R. C., A. W. Lindquist & E. F. Knipling: Eradication of screw-worms through release of sterilized males. Science, *122*, 287—288, 1955.

16. Clausen, C. P.: Biological antagonists in the future of insect control. J. Agric. & Food Chem., *2*, 12—18, 1954. — 17. Clausen, C. P.: Biological control of insect pests. In: New crops for the new world, ed. Wilson, Ch. M., McMillan Co. New York,

163—177, 1955. — 18. Clausen, C. P.: Biological control of insect pests in the Continental United States. U.S.D.A., Techn. Bull. No. 1139, 1—151, 1956. — 19. Cole, L. C.: The population consequences of life history phenomena. Quart. Rev. Biol. Baltimore, *29*, 103—137, 1954.

20. Daniel, H.: Algunos aspectos de la lucho biologica. Rev. Fac. Nac. Agr., Medellin. *17* (48), 3—168, 1955. — 21. DeBach, P.: The role of weather and entomophagous species in the natural control of insect populations. J. econ. Ent., *51*, 474—484, 1958. — 22. DeBach, P., & H. S. Smith: Are population oscillations inherent in the host-parasite relation? Ecology, *22*, 363—369, 1941. — 22 a. Downes, J. A.: The gypsy moth and some possibilities of the control of insects by genetical means. Canad. Entomologist, *91*, 661—664, 1959. — 23. Drees, H.: Ist die biologische Schädlingsbekämpfung ein realer Faktor für den Pflanzenschutz? Bundesmin. f. Ern., Landw. u. Forsten, Bonn, 23 pp., 1953.

24. Eidmann, H.: Zur Theorie der Bevölkerungsbewegung der Insekten. Anz. Schädlkde. *13*, 25—26, 47—52, 1937. — 25. Eidmann, H.: Grundsätzliches über die Ursachen der Verbreitung und Populationsdichte der Insekten. Verh. Dtsch. Zool. Ges. (Kiel, 1948), 359—365, 1949. — 26. Eidmann, H.: Das Problem der Indifferenz. Naturwissenschaften *36*, 268—273, 1949. — 27. Elton, C. S.: Population interspersion: an essay on animal community patterns. J. Ecol., London, *37*, 1—23, 1949.

28. Flanders, S. E.: Elements of host discovery exemplified by parasitic hymenoptera. Ecology, *28*, 299—309, 1947. — 29. Franz, J.: Über die Zonenbildung der Insektenkalamitäten in Urwäldern. Forstwiss. Centralbl., *67*, 38—48, 1948. — 30. Franz, J.: Über die genetischen Grundlagen des Zusammenbruchs einer Massenvermehrung aus inneren Ursachen. Z. angew. Ent., *31*, 228—260, 1950. — 32. Franz, J.: Möglichkeiten und Grenzen der biologischen Schädlingsbekämpfung. Pflanzenschutz, München, *3*, 100—102, 1951. — 33. Franz, J.: Neue Möglichkeiten und Ergebnisse der biologischen Schädlingsbekämpfung. Mitt. Biol. Zentralanst. Berlin-Dahlem (75), 12—22, 1952. — 34. Franz, J.: Möglichkeiten, Grenzen und Aufgaben der biologischen Schädlingsbekämpfung in Deutschland. Anz. Schädl.-kde., *27*, 97—102, 1954. — 35. Friederichs, K.: Waldkatastrophen in biozönotischer Betrachtung. Anz. Schädlkde., *4*, 139—142, 1928. — 36. Friederichs, K.: Welche Faktoren regeln die Individuenzahl einer Insektenart in der Natur? Anz. Schädlkde., *5*, 119—123, 1929. — 37. Friederichs, K.: Die Grundfragen und Gesetzmäßigkeiten der land- und forstwirtschaftlichen Zoologie insbesondere der Entomologie, Paul Parey Berlin, Bd. 1, 417 pp., Bd. 2, 463 pp., 1930. — 38. Friederichs, K.: Zu den Meinungsverschiedenheiten über die Bewertungen der einzelnen die Vermehrung von Insekten begrenzenden Faktoren. Anz. Schädlkde., *7*, 77—80, 1931.

39. Glen, R.: Factors that affect insect abundance. J. econ. Ent., *47*, 398—405, 1954. — 40. Golubeva, M. M., S. J. Obolenskij, N. F. Mejer & V. P. Pospelov: Biological method of controlling pests of agriculture. Moscow, Sel'skozgiz, 192 pp., 1933 (Orig. russisch), (Ref.: Rev. appl. Ent. (A), *22*, 158—159, 1934). — 41. Greenbank, D. O.: The role of climate and dispersal in the initiation of outbreaks of the spruce budworm in New Brunswick. Canad. J. Zool., *35*, 385—403, 1957.

42. Henderson, C. F.: Parasitization of the beet leafhopper in relation to its dissemination in southern Idaho. U.S. Dept. Agric., Circ. No. 968, Washington D.C., 1955. — 43. Hesse, R.: Tiergeographie auf ökologischer Grundlage. Gustav Fischer, Jena, 613 pp., 1924. — 44. Hopping, G. R.: Timber types in relation to insect outbreak in the Canadian Rocky Mountains. 81. Ann. Rep. Entom. Soc., Ontario, 72—75, 1950. — 45. Huffaker, C. B.: The concept of balance in nature. Proc. 10. Int. Congr. Ent. (Montreal 1956), *2*, 625—636, 1958.

46. Janisch, E.: Die Bedeutung des Optimums für den Massenwechsel forstschädlicher Insekten. Verh. 7. Int. Kongr. Ent. (Berlin 1938), *3*, 1974—1989, 1939. — 47. Jermy, T.: Ein Beitrag zur produktionsbiologischen Betrachtung der terrestrischen Biozönosen. Acta Zool. Acad. Sci. Hung, *4*, 135—155, 1958.

48. Kangas, E.: On population regulation of forest insects living in tree rind. Proc. 9. Int. Congr. Ent. (Amsterdam 1952), *2*, 224—228, 1953. — 49. Klomp, H.: Die Bedeutung der populations-dynamischen Forschung in der angewandten Entomologie. Mitt. Biol. Zentralanst. Berlin-Dahlem (75) 28—33, 1952. — 50. Knipling, E. F.: Possibilities of insect control or eradication through the use of sexually sterile males. J. econ. Ent., *48*, 459—462, 1955.

51. Lack, D.: The Natural Regulation of Animal Numbers. Oxford Univ. Press. London, 343 pp., 1954. — 52. Laidlaw, W. B. R.: A preliminary enquiry into the influence of solar

radiation on insect environment. With special reference to the relation between pest epidemics and fluctuation in solar radiation. Trans. Soc. Brit. Ent. Lond., *11*, 18—80, 1952.

53. MacFadyen, A.: Population ecology. Science Progr., *147*, 532—543, 1949. — **54.** Martini, E.: Zur Terminologie in der Lehre vom Massenwechsel der Organismen. Z. angew. Ent., *18*, 440—459, 1931. — **55.** Milne, A.: The natural control of insect populations. Canad. Entomologist, *89*, 193—213, 1957. — **56.** Milne, A.: Theories of natural control of insect populations. Cold Spring Harbor Sympos. Quant. Biol., *22*, 253—271, 1957. — **57.** Milne, A.: Perfect and imperfect density dependence in population dynamics. Nature, *182*, 1251—1252, 1958. — **58.** Milne, A.: Weather, enemies and natural control of insect populations. J. econ. Ent., *52*, 532—533, 1959. — **59.** Morris, R. F.: The interpretation of mortality data in studies on population dynamics. Canad. Entomologist, *89*, 49—69, 1957. — **60.** Morris, R. F., W. F. Cheshire, C. A. Miller & D. G. Mott: The numerical response of avian and mammalian predators during a gradation of the spruce budworm. Ecology, *39*, 487—494, 1958. — **61.** Morris, R. F., C. A. Miller, D. O. Greenbank & D. G. Mott: The population dynamics of the spruce budworm in eastern Canada. Proc. 10. Int. Congr. Ent. (Montreal, 1956), *4*, 137—149, 1958. — **62.** Musgrave, A. J., & J. J. Miller: A note on some preliminary observations on the effect of the antibiotic terramycin on insect symbiotic microorganisms. Canad. Entomologist, *83*, 343—345, 1951. — **63.** Myers, J. G.: Biological control. Trop. Agric., *6*, 163—165, 1929.

64. Nicholson, A. J.: The balance of animal populations. J. anim. Ecol., *2*, 132—178, 1933. — **65.** Nicholson, A. J.: The role of competition in determining animal populations. J. Comm. Sci. Ind. Res. (Australia), *10*, 101—106, 1937. — **66.** Nicholson, A. J.: Fluctuation of animal populations. Rep. Austr. N. Z. Advanc. Sci., *26*, 134—148, 1947. — **67.** Nicholson, A. J.: An outline of the dynamics of animal populations. Austr. J. Zool., *2*, 9—65, 1954. — **68.** Nicholson, A. J.: Experimental demonstrations of balance in populations. Nature, *173*, 862—863, 1954. — **68 a.** Nicholson, A. J.: Dynamics of insect populations. Ann. Rev. Ent., *3*, 107—136, 1958. — **69.** Nicholson, A. J., & V. A. Bailey: The balance of animal populations. Proc. Zool. Soc. Lond. (3) 551—598, 1935.

70. Pepper, J. H.: The ecological approach to management of insect populations. J. econ. Ent., *48*, 451—456, 1955.

71. Ripper, W.: Effect of pesticides on balance of arthropod populations. Ann. Rev. Ent., *1*, 403—438, 1956. — **72.** Roubaud, E.: Expériences d'intercroisement de glossines (tsétsés) du groupe *Gl. palpalis*, effectuées à l'Institut Pasteur de Paris. Ann. Inst. Pasteur (Paris), *86*, 537—560, 1954. — **73.** Rubcov, I. A.: The theoretical basis of the distribution of harmful insects and of predictions as to their mass multiplication. (I) Conception of plasticity, its role in the dynamics of the abundance of insects and methods of studying it. Plant Protect. Leningrad, *14*, 3—13, 1937 (Orig. russisch) (Ref.: Rev. appl. Ent. [A], *27*, 145, 1939). — **74.** Rubcov, I. A.: Biologische Methode der Bekämpfung von schädlichen Insekten. Ogiz sel'skozgiz. Gosudarstvennoe Izdatel'stvo sel'skochozjajstvennoj Literatury, Moskva, Leningrad, 411 pp., 1948 (Orig. russisch). — **75.** Rubcov, I. A.: Erfolge der biologischen Bekämpfungsmethode und Fragen der Umgestaltung der Fauna. Usp. sovrem. Biol., *30*, 321—344, 1950 (Orig. russisch).

76. Sachtleben, H.: Biologische Bekämpfungsmaßnahmen. Handb. d. Pflanzenkrankh., *VI.*, 2. Halbband, 1—120, Paul Parey, Berlin, 1941. — **77.** Schimitschek, E.: Forstentomologische Studien im Urwald Rotwald. Z. angew. Ent., *34*, 178—215, 513—542, 1953; *35*, 1—54, 1954. — **78.** Schneider, F.: Ein Vergleich von Urwald und Monokultur in bezug auf ihre Gefährdung durch phytophage Insekten, auf Grund einiger Beobachtungen an der Ostküste von Sumatra. Schweiz. Z. Forstwesen, *90*, 41—55, 82—89, 1939. — **79.** Schneider, F.: Das biologische Gleichgewicht und die chemische Schädlingsbekämpfung. Landw. Vortr. H. 16, 52—61, Verl. Huber & Co., Frauenfeld, Schweiz, 1948. — **80.** Schwenke, W.: Biozönotische Betrachtungen zur biologischen Bekämpfung von Schadinsekten. Beitr. Ent., Berlin, *3*, 529—536, 1953. — **81.** Schwenke, W.: Zur Grundlegung der vergleichenden Untersuchungsmethode in der Gradologie der Insekten. Beitr. Ent., Berlin, *5*, 237—245, 1955. — **82.** Schwenke, W.: Über Biocönosetypen, Populationstypen und Gradocöntypen. Ber. Hundertjahrfeier Dtsch. Entom. Ges. Berlin (1956), 106—117, 1957. — **83.** Schwerdtfeger, F.: Über den Verlauf von Insektengradationen. Verh. Dtsch. Ges. ang. Entom. (Erlangen, 1933) 32—41, 1933. — **84.** Schwerdtfeger, F.: Studien über den Massenwechsel einiger Forstschädlinge. II. Über die Populationsdichte von *Bupalus piniarius* L., *Panolis flammea* Schiff., *Dendrolimus pini* L., *Sphinx pinastri* L. und ihren zeitlichen Wechsel. Z. Forst- u. Jagdwesen, *67*, 449—482, 513—540, 1935. — **85.** Schwerdtfeger, F.: Über die Ursachen des Massenwechsels der Insekten. Z. angew. Ent., *28*, 254—303, 1941. — **86.** Schwerdtfeger, F.: Untersuchungen über den „Eisernen Bestand" von Kiefernspanner (*Bupalus piniarius* L.),

Forleule *(Panolis flammea* Schiff.) und Kiefernschwärmer *(Hyloicus pinastri* L.). Z. angew. Ent., *34*, 216—283, 1953. — **87.** Schwerdtfeger, F.: Grundsätzliches zur Populationsdynamik der Tiere. Allg. Forst- u. Jagd-Ztg., *125*, 200—209, 1954. — **88.** Schwerdtfeger, F.: Zum Begriff der Populationsdynamik. Beitr. Entom., Berlin, *6*, 461—464, 1956. — **89.** Schwerdtfeger, F.: Die Waldkrankheiten. 2. Aufl., Paul Parey, Hamburg-Berlin, 485 pp., 1957. — **90.** Simmonds, F. J.: The present status of biological control. Canad. Entomologist, *88*, 553—563, 1956. — **91.** Smith, H. S.: The role of biotic factors in the determination of population density. J. econ. Ent., *28*, 873, 1935. — **92.** Solomon, M. E.: The natural control of animal populations. J. Anim. Ecol., *18*, 1—35, 1949. — **93.** Solomon, M. E.: Insect population balance and chemical control of pests. Pest outbreaks induced by spraying. Chemistry & Industry, 1143—1147, 1953. — **93a.** Solomon, M. E.: Das Gleichgewicht von Insektenbevölkerungen und die chemische Schädlingsbekämpfung (Übersetzt von J. Franz). Z. angew. Ent., *37*, 110—121, 1955. — **94.** Solomon, M. E.: Dynamic of insect populations. Ann. Rev. Ent., *2*, 121—142, 1957. — **95.** Solomon, M. E.: Meaning of density-dependence and related terms in population dynamics. Nature, *181*, 1778—1780, 1958. — **96.** Staar, G.: Die biologische Schädlingsbekämpfung und ihre Grenzen. Urania, *17*, 375—381, 1954. — **97.** Steiner, L. F., & L. D. Christenson: Potential usefulness of the sterile fly release method in fruit fly eradication programs. Hawaiian Acad. Sci. 2 pp., 1956. — **98.** Steinhaus, E. A.: Observations on the symbioses of certain coccidae. Hilgardia, *24*, 185—206, 1955. — **99.** Steinhaus, E. A., & C. R. Bell: The effect of certain microorganisms and antibiotica on stored-grain insects. J. econ. Ent., *46*, 582—598, 1953. — **100.** Stellwaag, F.: Die Schmarotzerwespen als Parasiten. Monogr. angew. Entom., Berlin, *6*, 1921. — **101.** Sweetman, H. L.: The Principles of Biological Control. Wm. C. Brown, Dubuque, Iowa, 560 pp., 1958. — **102.** Szmidt, A.: Die biologische Bekämpfung von Schädlingen in Forst- und Landwirtschaft, Poznanskie Towarzystwo Przyjaciol Nauk, Nr. 1, 1—48, 1956 (Orig. poln.).

103. Telenga, N. A.: Über die Rolle der Entomophagen bei Massenvermehrungen von Insekten. Zool. Ž. *32*, 14—24, 1953 (Orig. russ., ref.: Ber. wiss. Biol., *84*, 408). — **104.** Thalenhorst, W.: Die Koinzidenz als gradologisches Problem. Z. angew. Ent., *32*, 1—48, 1951. — **105.** Thalenhorst, W.: Vergleichende Betrachtungen über den Massenwechsel der Kiefernbuschhornblattwespen. Z. angew. Ent., *35*, 168—182, 1954. — **106.** Thompson, W. R.: On natural control. Parasitology, *21*, 269—281, 1929. — **107.** Thompson, W. R.: Biological control and the theories of the interaction of populations. Parasitology, *31*, 299—388, 1939. — **108.** Thompson, W. R.: The fundamental theory of natural and biological control. Ann. Rev. Ent., *1*, 379—402, 1956. — **109.** Tinbergen, L.: Onderzoek over de dynamiek van insekten bevolkingen in Veluwse bossen. Akad. Kon. Ned. Akad. Wetensch. Amsterdam, *8*, 140—149, 1955. — **110.** Trappmann, W.: Schädlingsbekämpfung. Leipzig 1927. — **111.** Trappmann, W.: Pflanzenschutz und Vorratsschutz. Bd. 1: Grundfragen der Pflanzenpathologie. S. Hirzel, Stuttgart, 270 pp., 1949.

112. Ullyett, G. C.: Mortality factors in populations of *Plutella maculipennis* Curtis (Tineidae: Lep.) and their relation to the problem of control. South Afr. Dept. Agr. Ent. Mem., *2* (6), 77—202, 1947. — **113.** Ullyett, G. C.: Biomathematics and insect population problems. Mem. ent. Soc. South Afr. (2), 1—89, 1953. — **114.** Utida, S.: Population fluctuation in the system of host-parasite interaction. Mem. Coll. Agric. Kyoto Univ. (71) (Ent. Ser. no. 11), 1—32, 1955. — **115.** Uvarov, B. P.: Insects and climate. Trans R. ent. Soc., London, *79*, 1931.

116. Varley, G. C.: The natural control of population balance in the knapweed gall-fly (*Urophora jaceana*). J. Anim. Ecol., *16*, 139—187, 1947. — **117.** Varley, G. C.: Ecological aspects of population regulation. Proc. 9. Int. Congr. Ent. (Amsterdam, 1952), *2*, 210—214, 1953. — **118.** Vecht, J. van der: De groote peperwants of semoenjoeng (*Dasynus piperis* China). Dissert. Leiden, 1933. — **119.** Vecht, J. van der: On some aspects of the numerical variation of insects in the tropics. Proc. 9. Int. Congr. Ent. (Amsterdam, 1952), *2*, 272—276, 1953. — **120.** Voûte, A. D.: Classification of factors influencing the natural growth of a population of insects. Acta Biotheoretica, *7*, 99—115, 1943. — **121.** Voûte, A. D.: Regulation of the density of the insect-populations in virgin-forests and cultivated woods. Arch. neerl. Zool., *7*, 435—470, 1946. — **122.** Voûte, A. D.: Zur Frage der Regulierung der Insekten-Populationsdichte durch räuberische Tierarten. Z. angew. Ent., *33*, 47—52, 1951. — **123.** Voûte, A. D.: On the regulation of insect populations. Proc. 10. Int. Congr. Ent. (Montreal, 1956), *4*, 109—114, 1958.

124. Watt, K. E. F.: A mathematical model for the effect of densities of attacked and attacking species on the number attacked. Canad. Entomologist, *91*, 129—144, 1959. — **125.** Wellington, W. G.: Air-mass climatology etc. Canad. J. Zool., *30*, 114—127, 1952. — **126.**

WELLINGTON, W. G.: Atmospheric circulation processes and insect ecology. Canad. Entomologist, *83*, 312—333, 1954. — **127.** WELLINGTON, W. G.: Weather and climate in forest entomology. Meteorol. Monogr., *2*, 11—18, 1954. — **128.** WELLINGTON, W. G.: The synoptic approach to studies of insects and climate. Ann. Rev. Ent., *2*, 143—162, 1957. — **129.** WELLINGTON, W. G.: Individual differences as a factor in population dynamics: the development of a problem. Canad. J. Zool., *35*, 293—323, 1957.

130. ZWÖLFER, W.: Zur Lehre von den Bevölkerungsbewegungen der Insekten. Z. angew. Ent., *19*, 1—21, 1932.

3. Verwendung von Mikroorganismen

a) Mikroorganismen gegen Schadinsekten

aa) Allgemeine Insektenpathologie

α) Einleitung

Da es in der Weltliteratur keine neue Zusammenfassung unseres gegenwärtigen Wissens über Insektenkrankheiten gibt, sei hier in aller Kürze eine Übersicht über die wichtigsten Grundlagen versucht, die zum Verständnis einer praktischen Verwendung der Krankheitserreger unentbehrlich erscheint.[1]) Die seit dem letzten Jahrzehnt zu beobachtende Neubelebung der Insektenpathologie wird eingeleitet und weitgehend mit verursacht durch das Erscheinen des Buches „Principles of Insect Pathology" von STEINHAUS (1949) (52), in dem die ältere, hier nur selten noch angeführte Literatur kritisch gesichtet und verwendet ist (12, 13, 40, 45, 54). Von allen möglichen Erkrankungen der Insekten betrachten wir hier nur solche, die durch Pilze, Bakterien, Rickettsien, Viren und Protozoen verursacht werden; dies entspricht dem für die praktische Anwendung gebräuchlichen Ausdruck: Mikrobiologische Bekämpfung (microbial control, lutte microbiologique). Alle Krankheitserscheinungen werden von dem Faktorendreieck Erreger — Wirt — Umwelt beeinflußt. In diesem Handbuch erscheint es zweckmäßig, den Wirt in den Mittelpunkt der Betrachtungen zu stellen und die Insektenseuchen (Epizootien) als Massenphänomen gesondert zu besprechen. Wegen aller Einzelheiten sei auf die neuesten zusammenfassenden Bearbeitungen von Teilgebieten und auf Sammelreferate verwiesen (3, 14, 32, 42, 52, 58).

β) Infektionsweg

Jede Infektionslehre geht heute von zwei wohlfundierten Voraussetzungen aus: daß der gesunde Wirtsorganismus normalerweise keimfrei ist, abgesehen von symbiontischen Mikroorganismen und von den Bewohnern der morphologisch zur Außenwelt gehörenden Körperhohlräume, und daß mikrobielle Erreger stets aus ihresgleichen hervorgehen. Setzt sich das Pathogen im Wirtskörper erfolgreich durch, so bezeichnen wir das als Infektion; diese kann ohne ausgeprägte Krankheitserscheinungen „latent" oder „inapparent" bestehen, oder sie führt zu einem pathologischen Prozeß, der Infektionskrankheit. Bei der Nahrungsaufnahme dringen Erreger, vor allem Bakterien, Viren und Protozoen, durch die

[1]) Bei der Abfassung dieses Kapitels berieten mich meine Mitarbeiter, die Herren Dr. A. KRIEG und Dr. E. MÜLLER-KÖGLER, und stellten mir ihre damals als Manuskript vorliegenden Übersichtsarbeiten (32, 42) zur Verfügung, wofür hier besonders gedankt sei.

Mundöffnung *(per os)* ein. *Parenterale Infektionen* entstehen durch aktives Einwandern mancher Pathogene, vor allem von Pilzhyphen, durch die unbeschädigte Kutikula oder durch Eindringen der Erreger in natürliche (Atemöffnungen, Tracheen) bzw. künstliche (Wunden) Körperöffnungen. Zu der letzteren, sogenannten traumatischen Infektion gehört die intracoelomale Injektion des Experimentators ebenso wie die Krankheitsübertragung durch den Anstich parasitischer bzw. räuberischer Arthropoden (vgl. 3, a, bb). Bei der *germinativen Übertragung* werden schließlich die Pathogene von (latent) verseuchten Elterntieren auf ihre Nachkommen durch innerlich oder äußerlich infizierte Eier übertragen (z. B. bei vielen Virosen und Rickettsiosen).

γ) Infektionsverlauf

Zwischen dem Eindringen der Erreger und den ersten Symptomen einer Krankheit liegt die *Inkubationszeit.* Im Höhepunkt der Krankheit unterscheiden wir nach dem Ort besonders starker Erregervermehrung folgende *Infektionstypen:* a) die intestinale Infektion, bei der eingedrungene Mikroorganismen auf den Darmtrakt mit seinen Anhängen beschränkt bleiben; b) die Gewebsinfektion, die nur bestimmte (andere) Gewebe im Wirtskörper einbezieht (z. B. Fettkörper, Hypodermis, Trachealmatrix); c) die Septikämie, bei der die Erreger durch die Hämolymphe in alle Körperhohlräume gelangen und d) die allgemeine (systemische) Infektion mit einer Überschwemmung aller Körperteile durch die Eindringlinge. Kurz vor dem Tode gehen die meisten Infektionen in den Typ d) über. — Je nach dem zeitlichen Ablauf unterscheiden wir akute und chronische Krankheiten.

Wie die Infektion nach dem Eindringen der Erreger verläuft und wie sich der Wirt mit den Eindringlingen auseinandersetzt, hängt von zahlreichen Faktoren ab. Diese können ausgehen:

αα) Vom Erreger. Im allgemeinen unterscheidet man *Pathogenität* als die genetisch fixierte und *Virulenz* als die erworbene (adaptive) Befähigung eines Mikroorganismus, auf einen Wirt krankheitserregend zu wirken. Ihrem Wesen nach sind diese Begriffe nicht trennbar von der Empfindlichkeit bzw. Unempfindlichkeit des Wirtes (vgl. *ββ*). Pathogenität und Virulenz sind nichts Konstantes und nichts Absolutes. Erstere ändert sich allerdings nur mutativ, wobei die hohe Individuenzahl und schnelle Generationenfolge vieler Mikroorganismen zur Aufsplitterung in „Stämme" führen kann, die gegenüber einem bestimmten Wirt verschieden pathogen sind (vor allem bei Bakterien untersucht). Die Virulenz nimmt bei Erregern, die sich in nicht empfindlichen Wirten oder auf künstlichen Nährböden vermehren lassen, oft ab. Durch erneute „Passage" durch empfindliche Wirte läßt sich dieser Virulenzverlust rückgängig machen, was bei der Massenzucht pathogener Pilze und Bakterien praktisch wichtig ist. (Beispiel: *Cloaca cloacae* [Jordan] Castellani et Chalmers var. *acridiorum,* syn. *Coccobacillus acridiorum* d'Her., syn. *Aerobacter aerogenes* var. *acridiorum* [d'Her.], Erreger einer Bakteriose bei Wanderheuschrecken). Außerdem ist die Zahl der in den Wirtsorganismus eindringenden Pathogene für ihren Effekt mitbestimmend.

Wenn man versucht, künstliche Infektionen zu setzen, erlebt man es immer wieder, daß diese nicht angehen. Dies kann bedingt sein durch Verwendung eines für den betreffenden Wirt nicht genügend pathogenen Erregers, durch Virulenzverlust und durch geringe Disposition bzw. völlige Unempfindlichkeit des Wirtes. Auch

kann sich ein Gleichgewicht zwischen Pathogen und Wirt einstellen (latente Infektion) oder es treten durch das Zusammenwirken mit weiteren Krankheiten Störungen im typischen Ablauf (Interferenzen) auf.

ββ) Vom Wirtsinsekt wird also dem einwandernden Mikroorganismus im allgemeinen ein Widerstand entgegengesetzt. Dieser Widerstand (Wirtsdisposition) wird von Umwelteinflüssen stark beeinflußt. Die obengenannten Infektionstypen zeigen, daß innerhalb eines Wirtes die einzelnen Organe verschieden empfindlich gegen Pathogene sein können, so daß es nur zu lokalen Infektionen kommt. So bewirken die Plasmapolyeder-Virosen und manche Bakteriosen eine Erkrankung des Mitteldarms von Schmetterlingsraupen. *Bacillus popilliae* Dutky befällt lediglich die Hämolymphe der Engerlinge des Japankäfers und verursacht die als „milky disease" bekannte milchige Verfärbung des Blutes (Bakteriämie). Die Kernpolyeder-Virosen der Lepidopteren manifestieren sich dagegen fast nur in Fettkörper, Trachealmatrix und Hypodermis der Raupen. Diese Erscheinung einer totalen oder partiellen Unempfindlichkeit bzw. Abwehrfähigkeit der Wirte sei im folgenden kurz besprochen.

δ) Resistenz, Immunität, Toleranz

Wir unterscheiden die vorwiegend genetisch bedingte natürliche Immunität oder *Resistenz* von der im individuellen Leben erworbenen Abwehrkraft oder (sekundären) *Immunität* (31). Beide entscheiden, zusammen mit der Toleranz (s. dort), ob ein Lebewesen bestimmten Mikroorganismen erliegt oder nicht. Es gibt gegen bestimmte Erreger *resistente Arten.* Bei diesen sind die spezifischen Ansprüche, die viele Erreger an ihre Umwelt stellen, nicht erfüllt. Maikäfer *(Melolontha)* sind z. B. gegenüber den Kernpolyeder-Viren des Seidenspinners *(Bombyx mori* [L.]) resistent. Zellen sind erst dann für Viren empfindlich, wenn spezifische Rezeptoren in der Zelloberfläche den Erregern das Eindringen ermöglichen. Außerdem gelingt die Infektion meist nur in Geweben mit hoher synthetischer Stoffwechselleistung. Virusinfektionen treten daher häufig in Larvenstadien auf. Die künstliche Vermehrung der Polyederviren läßt sich nach Injektion der Erreger auch in Lepidopteren-Puppen (z. B. *Bombyx mori*) erreichen (65). Die natürliche Resistenz gegen Pathogene beruht ferner bei Insekten auf dem mechanischen Schutz durch das chitinöse Integument (auch im Darmlumen) und auf der Wirkung der Verdauungssäfte. Die hohe Alkalität des Darminhaltes wirkt z. B. bakteriostatisch und fungistatisch, verursacht aber andererseits die Lösung der Einschlußkörper der Viren (Polyeder bzw. Kapseln), wodurch dann erst den freien Viren das Eindringen in den Körper ermöglicht wird. Bei gewissen Bakterien, wie *Bacillus thuringiensis* Berliner, werden durch den Darmsaft von 9,0—10,5 pH ferner gerade die neben den Sporen vorhandenen Toxin-Kristalle gelöst, die nach einer Darmintoxikation, oft nach vorheriger Lähmung des Wirtes, dann seinen Tod verursachen (1, 23). Wie wirksam die mechanisch/chemische Barriere im allgemeinen ist, erkennt man an dem letalen Infektionserfolg bei der Injektion von Keimen, die, wie die Bakterienart *Escherichia coli,* bei peroraler Verabreichung wirkungslos bleiben. Zusätzlich können noch gewisse Bakterizide in der Hämolymphe auftreten.

Bei der *erworbenen Immunität* löst der eindringende Erreger die Mobilisierung von besonderen Abwehrmechanismen aus, die bei einer Zweitinfektion noch wirksam sein können. Am wichtigsten ist bei Insekten die auf Phagozytose beruhende

zelluläre Immunität. Bestimmte Blutzellen nehmen Keime, die in die Körperhöhle eingedrungen sind, in sich auf und verdauen sie. Mikronukleozyten können auch durch Anlagerung von Keimen an ihre Oberfläche zur Abwehrreaktion beitragen, vor allem bei niedrigen Temperaturen (66). Mit dem Ansteigen der Blutzellenzahl nach einer Infektion entsteht eine unspezifische erhöhte Abwehrbereitschaft. Naturgemäß funktioniert dieser Mechanismus nicht bei allen Pathogenen erfolgreich. Gegen freie Viren ist er unwirksam; Viruseinschlußkörper werden erst nach ihrer Entstehung im Wirt, also zu spät, phagozytiert, und injizierte Sporenbildner, wie *Bacillus thuringiensis*, können z. B. in der Hämolymphe des Maikäferengerlings nicht wirksam abgefangen werden (32). Neben dieser Phagozytose gibt es bei Insekten auch noch Gewebsreaktionen, die der Abwehr eingedrungener Mikroorganismen dienen („Knötchenbildung"). Dagegen fehlen Vorgänge, die der Entzündung bei Wirbeltieren entsprechen. Außer der zellulären ist in einigen Fällen auch eine *humorale Immunität* z. B. bei Lepidopteren nachgewiesen. Hier ließ sich durch den Neutralisationstest zeigen, daß innerhalb von 24 Std. nach der Infektion in der Hämolymphe Stoffe auftreten, die das Wachstum der zur Infektion benützten und verwandter Bakterienarten auf künstlichem Nährboden hemmen (Antigen-Inhibition, Übersicht bei 9). Bakterio-Agglutinine sind bisher nur ganz vereinzelt nachgewiesen worden und bei vielen Arten sicher nicht vorhanden (31).

Während wir im Bereich der Pathologie unter Resistenz die absolute Unempfindlichkeit einer Art gegenüber einem Erreger verstehen (z. B. Maikäfer gegen Viren des Seidenspinners), bezeichnen wir mit *Toleranz* die mehr oder minder große Fähigkeit der Individuen einer an sich anfälligen (nicht resistenten) Art, mit dem Erreger fertig zu werden, ihn zu tolerieren. Toleranz ist also das Gegenteil von Disposition, wobei die oben besprochene erworbene Immunität nur ein Teilvorgang der Toleranz ist, und zwar der, welcher sich spezifisch gegen die Pathogene richtet. Einige Larven der Rotgelben Kiefernbuschhornblattwespe *(Neodiprion sertifer* [Geoffr.]) können z. B. eine Infektion mit dem spezifischen Polyedervirus tolerieren, auch wenn sie an sich nicht resistent sind (vgl. auch S. 48). Bereits erwähnt wurden die unterschiedlichen Ergebnisse von Infektionsversuchen bei Insekten mit Erregern, die je nach der Disposition der Wirtstiere große oder geringe Wirkung haben (vgl. S. 62). Entscheidend beeinflußt wird die Toleranz durch unspezifische Umwelteinflüsse, deren (schädliche) Wirkung man heute allgemein als „stress" (Belastung) bezeichnet. Die belastenden Einzelfaktoren („Stressoren") können zur Provokation latenter Infektionen führen. Wie alle physiologischen Leistungen ist auch die Toleranz von den Erbanlagen mit bedingt, so daß sich bei einer Änderung der genetischen Zusammensetzung von Populationen auch die durchschnittliche Toleranz verschieben kann (s. S. 43).

ε) Latenz

Von latenten Infektionen spricht man, wenn die Gegenwart von Krankheitserregern keine Krankheitserscheinungen hervorruft und im allgemeinen nur indirekt festzustellen ist. Zwischen Erregern und Wirtsorganismus herrscht in dieser Zeit eine Art Gleichgewichtszustand. Auch bei einer nicht latent verbleibenden Infektion beobachtet man eine gewisse, für jede Erregerart unter den jeweiligen Umweltbedingungen charakteristische Zeitspanne zwischen Infektion und ersten Symptomen der Krankheit, in der Pathogen und Wirt im Gleichgewicht zu sein scheinen. Eine

solche Inkubationszeit endet jedoch stets mit dem Ausbruch der Krankheit, auch wenn dies sehr lange dauern kann (z. B. bei der Rickettsiose von Engerlingen des Maikäfers [*Melolontha*] etwa 2 Monate). Im Gegensatz hierzu bleiben latente Infektionen in einem verdeckten Zustand, wenn sie nicht durch Außenfaktoren aktiviert werden. Das Vorhandensein der Erreger im Wirt läßt sich also bei latenten Erkrankungen meist nur durch Provokation (oder Induktion) zeigen. — Latente Bakteriosen der Insekten sind selten; VAGO (62) erwähnt eine bei *Amphimallus solstitialis* L. Besonders viele Untersuchungen über die Latenz von Insektenvirosen liegen vor. LURIA (38) weist anläßlich des Studiums des *Herpes*-Virus darauf hin, daß jede obligat parasitische Erregerart zu irgendeiner Form des latenten Überlebens befähigt sein muß, wenn sie sich nicht selbst mit den infizierten Wirten ausrotten will. Offenbar gibt es zwischen symptomloser Latenz, dem Auftreten ungefährlicher erster Symptome und dem akuten Ausbruch einer Virose alle Übergänge (62). Nach unserer gegenwärtigen (unvollständigen) Kenntnis können latente Virusinfektionen bei Insekten durch folgende, allgemein als „Stressoren" zu kennzeichnende Bedingungen in akute überführt werden, wenn die Virus-Ausgangskonzentration hoch genug ist (3, 56): 1) Übervölkerte Zuchten (*crowding*); 2) *physikalische Bedingungen bei der Zucht* (z. B. UV-Bestrahlung, Abkühlung, Erhitzen); 3) *Qualität der Nahrung* (z. B. Wechsel von optimalen zu unteroptimalen Futterpflanzen, Alter der Blätter u. a.); 4) *Aufnahme gewisser Chemikalien* (z. B. NH_2OH, KNO_2, NaF, Thioglycolsäure), wobei eine eindeutige Klärung der chemischen Vorgänge nach der Applikation solcher unspezifischen Induktoren noch nicht gelang. Beispiele für Provokation durch Chemikalien liegen bisher nur für Polyeder- und Kapselviren vor; 5) *Verlängerung der Diapause* von Eiern (bei *Bombyx mori* L.) (19); 6) *Infektion mit Viren von anderen Wirten:* So ruft z. B. die Injektion von *Choristoneura fumiferana* (Clem.)-Raupen mit gereinigten Granuloseviren von *C. murinana* (Hbn.) eine Polyedrose hervor (2), oder die Verfütterung gereinigter Plasmapolyeder von *Dasychira pudibunda* (L.) ebenfalls eine Kern-Polyedrose bei (latent infizierten) Larven von *Neodiprion sertifer* (Geoffr.) (30); 7) *Superinfektion mit der gleichen Virusart* führt zur Vermehrung der Erreger im Wirt und zerstört damit zumeist das vorher bestehende Gleichgewicht; 8) In einer Gewebekultur von Ovarialzellen von *Hemerocampa leucostigma* (J. E. SMITH) (Lymantriidae) provozierte der *Wechsel des Kulturmediums* das Erscheinen von Polyedern (20). — Durch latente Verseuchung der Versuchstiere lassen sich ferner zwanglos die Fälle sogenannter „künstlicher Viruserzeugung" erklären, über die YAMAFUJI und Mitarbeiter berichten (referiert bei 3). Dies wurde vor allem durch den negativen Ausgang von Provokationsversuchen an nicht nur symptomatisch gesunden Raupen von *Bombyx mori* gezeigt (28). Auf den Spezialfall der „integrierten Viren" bei *Drosophila* sei hier aus Raumgründen nur hingewiesen (24). Die Aufklärung der biochemischen Vorgänge bei der Virusvermehrung könnte durchaus zu spezifischen Provokationsmethoden führen, die sich gegen zwar latent, aber noch nicht akut verseuchte Schädlingspopulationen anwenden ließen.

ζ) Synergismus

Synergismus von Krankheitserregern, also die gegenseitige Förderung von verschiedenartigen, aber gleichzeitig im Wirt vorkommenden Pathogenen, ist als die Folge eines solchen Zusammentreffens außer der oben erwähnten Interferenz in

einigen Fällen nachgewiesen. Viele Beispiele der sogenannten Kreuzinfektionen mit angeblich unspezifischen Viren (48, 50) lassen sich durch Provokation einer latent bereits vorhandenen Virose durch das Hinzutreten eines zweiten Erregers verstehen (3). Wirklicher Synergismus kommt aber bei der Noctuide *Pseudoletia unipuncta* (Haw.) vor, bei der weder eine Granulose noch eine Polyedrose allein hohe Sterblichkeit verursachen, wohl aber eine Kombination von beiden (57). Mehrere Fälle erwähnt Vago (63), in denen die Infektion durch wenig pathogene Bakterien, hormonale Häutungsschwierigkeiten und Dysenterie bei solchen Raupen zum Tode führten, die bereits latent viruskrank waren. Die Superinfektion latent viruskranker Baumweißlingsraupen (*Aporia crataegi* [L.]) kann zur Septikämie durch verschiedene Bakterienarten führen, die allein wenig pathogen sind (29). Bei Mikrosporidien-Infektionen gibt es Beispiele dafür, daß infizierte Wirtslarven vermehrt an Septikämie sterben, verursacht durch Bakterien aus dem Darmlumen, die von Planonten bei ihrer Passage durch die peritrophische Membran in das Darmepithel eingeschleppt worden waren (67). Da nach dem frühen Tod durch solchen Synergismus, wie er vor allem nach massiver Infektion auftritt, noch keine reifen Sporen vorliegen, ist die richtige Diagnose solcher Fälle wohl nur im Versuch zu erwarten (Beispiele für Synergismen und Krankheitsverkettungen bei 25, 56, 64). Auch bei der künstlichen Infektion von Schadinsekten hat man gelegentlich zwei verschiedene Erreger zugleich verwendet, um z. B. die schnelle Wirkung einer Bakteriose mit der hohen Sterblichkeit der Polyedrose zu kombinieren (60) (*Borrelinavirus compeoles* und *Bacillus thuringiensis* gegen Raupen von *Colias philodice eurytheme* Bdv.).

η) Symptome

Insekten, die an einer Infektionskrankheit leiden oder ihr erlegen sind, zeigen oft charakteristische Symptome oder Symptom-Kombinationen (Syndrome). Diese äußern sich zumeist in einer Änderung des Verhaltens und (später) der Form und Farbe. Für eine Diagnose vermögen sie wichtige Fingerzeige zu geben. Kranke Insekten sind meistens weniger aktiv und reagieren schwächer auf Außenreize. In einigen Fällen, z. B. bei der Kernpolyedrose der Nonne (*Lymantria monacha* [L.]) und bei der Rickettsiose der Engerlinge von *Melolontha*, ist das Wandern der erkrankten Individuen „nach oben" typisch; dies führt zum Ansammeln der Nonnenraupen im Wipfel bzw. zum Erscheinen der Engerlinge auf dem Waldboden (43).

Verfärbungen finden sich bei vielen kranken Insekten, besonders kurz vor und nach dem Absterben. So werden z. B. „Pebrine"-kranke Seidenspinnerraupen braunfleckig, viele an Bakteriosen verendete Insektenlarven schwarz, Engerlinge von *Melolontha* spec. und *Popillia japonica*, die an der Infektion mit *Bacillus popilliae*-Formen erkrankt sind, weißlich; hierbei verfärbt sich vor allem die Hämolymphe („milky disease"). Auffallend bläulich werden z. B. Larven von *Tipula paludosa* Meig. im Endstadium der Infektion durch das TIV-Virus (49), während durch *Serratia marcescens* Bizio infizierte Larven von Insekten häufig rot aussehen. Trotz dieser auffallenden Beispiele ist eine Verfärbung allein nur selten eine ausreichende Grundlage für die Diagnose. Kranke Insektenlarven erreichen oft nicht die Größe gesunder Tiere. Meist sind sie weniger turgeszent oder schrumpfen gar stark ein, wie z. B. die von einer *Bacillus*-Art befallenen Raupen von *Malacosoma pluviale* (Dyar) (10). Bei vielen Bakteriosen und Kernpolyedrosen werden weichhäutige Stadien auffällig schlaff („Schlaffsucht"). Andererseits schwellen Engerlinge von *Melolontha* an, wenn sie an „Wassersucht" leiden, einer neuerdings als infektiöse Viruskrankheit nachgewiesenen pathologischen Veränderung. Recht häufig sondern kranke Tiere aus der Mundöffnung Flüssigkeit ab und zeigen eine gestörte Kotabgabe (Diarrhoe, Obstipation). Auch die Häutung und Ver-

puppung kranker Larven mißlingt oft. Nach dem Tode verändert sich der Körper solcher Tiere zumeist recht charakteristisch. Obwohl diese Merkmale streng genommen nicht mehr zu den Symptomen einer Krankheit gehören, seien sie hier wegen ihrer diagnostischen Bedeutung erwähnt. So zerfließen die Kadaver von Raupen, die an einer Kernpolyedrose eingegangen sind, oft auf der Fraßpflanze. Virustote Blattwespenlarven verfärben sich braun und hängen bzw. liegen meist an einer aus Mund- oder Afteröffnung ausgetretenen Flüssigkeit angeklebt (Abb. 3). Granulosetote Raupen sind meist weißlich, während sie nach dem Tod durch eine Plasma - Polyedrose hart werden und schrumpfen. Für mykosetote Larven ist ebenfalls das Verhärten typisch, manchmal verbunden mit einer Verfärbung. Wegen der Geschwindigkeit, mit der sich zumeist tote Insekten infolge ungehemmter Vermehrung von saprophytischen Bakterien zersetzen, sind für bestimmte Krankheiten typische „post mortem" - Veränderungen nur selten längere Zeit sichtbar.

Abb. 3: An Kernpolyedrose verendete Larven von *Neodiprion sertifer* (Geoffr.) (Orig.)

ϑ) Nachweis und Diagnose

Grundsätzlich gelten für den Nachweis der Erregernatur eines Mikroorganismus auch bei Insektenkrankheiten die KOCH'schen Postulate, wonach 1) der Erreger im kranken Organismus gefunden werden, 2) seine Züchtung auf künstlichem Nährboden gelingen und 3) die typische Erkrankung nach Rückimpfung des Erregers im Versuchstier beobachtet werden muß. Da nicht alle Erreger von Insektenkrankheiten auf künstlichem Substrat zu züchten sind (z. B. Rickettsien, Viren), schlug KRIEG (27) etwa folgende Fassung als Mindestforderung vor:

1) Isolierung des Erregers und — falls es sich um Größen an der Grenze der Sichtbarkeit im Lichtmikroskop handelt — Darstellung im Elektronenmikroskop;

2) Nachweis der spezifischen Erkrankung des Wirtsorganismus nach künstlicher Infektion mit dem isolierten Erreger;

3) Rückgewinnung des Infektionsmaterials, das sich im spezifischen Wirt nachweislich vermehrt hat. — Ferner ist unentbehrlich:

4) Histopathologische Untersuchung über die Reaktion des Wirtstieres auf die Infektion. — Atypischer Verlauf einer Krankheit erschwert die Diagnose beträchtlich.

Von den zum Bestimmen einer Insektenkrankheit notwendigen technischen Verfahren seien hier nur solche erwähnt, die allgemein verwendbar sind. Spezielle Methoden werden bei den einzelnen Erregergruppen besprochen (51). Einsendungen kranker Insekten sollen die untersuchende Stelle möglichst schnell und in gutem Zustand erreichen. Die für den Versand lebender Insekten übliche Technik ist dabei anzuwenden. Lediglich bereits tote Exemplare sind in abgetrennte, aber luftige Behälter zu legen, um Schimmelbildung zu vermeiden. Meist ist es günstig, kranke und anscheinend gesunde Tiere der gleichen Population getrennt zu versenden, um gegenseitige Infektion zu verhüten. Nur auf Anforderung sollten Tiere fixiert werden, da oft die Diagnose, immer aber die Isolierung und Kultur, auf unfixierte

Tiere angewiesen sind. Der Sendung sollten mindestens folgende Angaben beiliegen: Name des Insekts, Sammelort und -zeit, Ausmaß der Seuche, Nährpflanze (bei phytophagen Insekten), Name und Anschrift des Einsenders.

Gesammelte oder eingesandte kranke bzw. tote Insekten werden im allgemeinen erst äußerlich nach den oben geschilderten Symptomen vorgeprüft und dann nach folgenden 3 Methoden untersucht:

a) Sorgfältige, möglichst aseptische *Sektion* unter einer binokularen Lupe und mikroskopische Untersuchung von Zupf- bzw. Tropfenpräparaten der einzelnen Organe einschließlich der Hämolymphe. Um Verunreinigungen durch Mikroorganismen der Außenhaut zu vermeiden, empfiehlt sich eine äußerliche Desinfektion des Tieres (z. B. in Merthiolat, alkohol. Jodlösung, Quecksilberchlorid 1 : 1000 in 70 % Alkohol), wonach das betreffende Mittel sorgfältig abzuwaschen ist.

b) *Kultur der Erreger* entweder auf und in dem ganzen Kadaver (vor allem bei Pilzkrankheiten in feuchter Kammer) oder von Teilen desselben ausgehend, nach Beobachtung oder hinreichendem Verdacht auf bestimmte Erreger, Isolation auf entsprechenden Nährböden (vor allem für Bakterien und Pilze).

c) *Histopathologische Untersuchung* erkrankter Individuen oder von Teilen derselben nach vorherigem Fixieren, Einbetten, Schneiden und Färben. Hierbei lassen sich genauer als im Zupfpräparat die befallenen Organe und die in ihnen befindlichen Erreger mit ihren verschiedenen Entwicklungsstufen und der durch sie verursachten Reaktion des Wirtsgewebes feststellen. Auch bei Ausstrichpräparaten wird die Anfärbung herangezogen. — Bei besonders kleinen Erregern läßt sich erst nach Anwendung des Elektronenmikroskopes zur Untersuchung nativer oder fixierter Erreger eine sichere Diagnose stellen, vor allem bei Rickettsien und Viren (vgl. dort). — Bei allen Neubeschreibungen und den besonders schwer diagnostizierbaren Pilzen und Bakterien müssen mit dem kulturell oder mechanisch isolierten Material Infektionsversuche den endgültigen Nachweis der Erregernatur bringen (vgl. oben).

bb) Die Rolle von Krankheiten beim Massenwechsel von Insekten

Während sich die im vorhergehenden Abschnitt dargestellte Pathologie mit den Krankheiten einzelner Insektenindividuen beschäftigt, versucht die Lehre von den Insektenseuchen (*Epizootiologie*) die Erkrankung als Massenphänomen, als Vorgang in der Population zu erklären (vgl. die umfassende Darstellung bei Steinhaus, 53). Hierbei sind die Erfahrungen aus der allgemeinen Populationsdynamik (2, c) grundlegend für das Verständnis dieses Sonderfalles, der dadurch charakterisiert ist, daß die Gradationen der Wirtsinsekten etwa zugleich mit den Gradationen der Pathogene ablaufen. Beide beeinflussen sich gegenseitig und haben auch gewisse Ähnlichkeiten miteinander. Manche Eigenarten der Mikroorganismen, wie ihre schnelle Generationenfolge und ihre dadurch bedingte Adaptationsfähigkeit, machen aber eine gesonderte Besprechung der Epizootien[2]) notwendig. Zu den Aufgaben der Epizootiologie gehört es, das Auftreten, den zeitlichen und räumlichen Verlauf sowie ihr Verlöschen zu verfolgen. Beim Entstehen und Vergehen solcher „Seuchenwellen" wirken wieder Erreger, Wirt und Umwelt zusammen, allerdings in etwas anderer Weise als bei der Einzelerkrankung.

Bei der Besprechung der biotischen Begrenzungsfaktoren von Gradationen hatten wir bereits die *Krankheitserreger als unvollkommen dichteabhängige Begrenzungsfaktoren* kennengelernt. Diese Einschränkung („unvollkommen") besagt, daß die

[2]) Tierseuchen, entspr. „Epidemien" für menschliche Seuchen. Dagegen: „Enzootie" (entspr. „Endemie") bei dem Weiterbestehen der Infektion in einer Population ohne Häufung schwerer Fälle. Die Ausdrücke: „Insektenepidemie, Schädlingsepidemie" sollten vermieden werden, da man nie weiß, ob damit eine Massenvermehrung (Gradation) der Insekten (Schädlinge) oder eine Epizootie von ihnen gemeint ist.

Bevölkerungsdichte des Wirtes nicht allein für die Stärke und Ausdehnung einer Epizootie entscheidend ist. Dichteunabhängige Faktoren, vor allem die Witterung, können sowohl die Disposition der Wirtstiere als auch die Infektionsfähigkeit und Ausbreitung der Pathogene beeinflussen (s. unten). Zweifellos fördert aber hohe Wirtsdichte die Seuchenausbreitung. Das kann eine *direkte* Wirkung sein, da sich dicht gedrängte Individuen belästigen, wodurch latente Infektionen provoziert werden können („stress"-Bedingungen). Die Übertragung der Erreger von Tier zu Tier ist dann erleichtert, wenn z. B. gesunde Artgenossen mit den Konidien an Kadavern mykosetoter in Berührung kommen, wenn sie in der Nähe von virosetoten Individuen fressen und dabei die aus den zerlaufenden Leichen stammenden Einschlußkörper mit aufnehmen, oder wenn sie gar die Artgenossen verzehren. So wie die normale oder pathologische Geselligkeit mancher Lepidopterenraupen (z. B. *Malacosoma*-Arten in Nestern, „wipfelnde" *Lymantria monacha* [L.]) die Übertragung der Erreger fördert, so schützt andererseits z. B. die minierenden oder Pflanzensaft saugenden Formen ihre Verhaltensweise vor peroralen Infektionen mit freien Erregern. Oft ist auch die Infektionsgefährdung einer Population abhängig von der Dichte der vorhergehenden Generation. Dies gilt z. B., wenn, wie bei der „milky disease" des Japankäfers, die mit Dauerformen der Erreger (Bakteriensporen) gefüllten Kadaver im Boden, also im Wohnsubstrat der neuen Generation, bleiben.

Außerdem kann eine *indirekte* Wirkung von hoher Wirtsdichte ausgehen. Eine schnelle Übervermehrung kann zum Nahrungsmangel oder zum Futterwechsel führen; viele Individuen müssen dadurch in klimatisch außeroptimalen Bereichen leben. Dies erhöht naturgemäß die Disposition der Insekten für Krankheiten. Bekannt ist z. B. der Ausbruch der Polyederseuche beim Schwammspinner (*Lymantria dispar* [L.]) nach dessen Überwechseln von Eiche auf andere Futterpflanzen (37). Auch gibt es Anzeichen dafür, daß der Vorgang der Übervermehrung selbst mit ihrer zeitweiligen Einschränkung der Selektion die Wirte für Infektionen empfänglicher macht (vgl. S. 22). Jedenfalls erfolgt der Zusammenbruch der Gradation z. B. bei der Nonne *(Lymantria monacha)* durch die Polyederkrankheit regelmäßig im Zentrum und im wenig dicht besiedelten Randgebiet annähernd gleichzeitig (69). Das Ansteigen der Toleranz, gemessen an der LD_{50} bei künstlichen Infektionen des Lärchenwicklers (*Zeiraphera griseana* [Hbn.]) mit Granulosevirus im Jahr nach dem Höhepunkt des Fraßes, läßt sich vielleicht als Ergebnis einer vorhergehenden Auslese deuten (39). Noch eindeutigere Resultate in der gleichen Richtung ließen sich kürzlich in künstlichen Dauerzuchten des Kohlweißlings (*Pieris brassicae*) nach Einwirkung von Granulose-Infektionen auf zahlreiche Generationen erzielen, wodurch ein toleranter Stamm entstand (46). Dieser war unter 3 untersuchten Populationen auch am wenigsten empfindlich gegen Infektionen mit einer Plasmapolyedrose (47). Durch künstliche und natürliche Auslese scheinen also manchmal Insektenwirte eine verschieden hohe Toleranz gegenüber Virosen zu erreichen. Diese Erscheinung ließe sich einordnen in den auch bei Übervermehrungen beobachteten Anstieg physiologischer Leistung der Überlebenden während der Retrogradation (15). Allerdings verschwand die erwähnte Toleranz gegen Granulose bei *P. brassicae* wieder nach Passage der Erreger durch *Pieris napi* (L.) (47 a) — vielleicht ein Hinweis darauf, daß außer dem Wirt auch der Erreger mehr als bisher angenommen an dem Zustandekommen eines als erhöhte Toleranz faßbaren Gleichgewichtszustandes beteiligt ist. — Auch bei niedriger Populationsdichte kann schließlich eine Krankheit

nicht nur weiterbestehen, sondern auch eine Populationszunahme wirkungsvoll begrenzen (z. B. Virose von *Diprion hercyniae* [Htg.], vgl. unten). Schließlich zeigt der Erfolg von künstlichen Infektionen auch bei geringer Dichte, daß prinzipiell Epizootien nicht von hoher Wirtsdichte abhängen; sie werden jedoch durch diese gefördert und sie laufen unter diesen Bedingungen schneller ab.

Der Einfluß des Wetters auf die Entwicklung der Epizootien ist ebenfalls direkt und indirekt. Vor allem werden Mykosen von feuchtwarmer Witterung begünstigt. In Florida, wo der Regen in der warmen Zeit fällt, spielen z. B. die Pilzseuchen der Schildläuse eine größere Rolle als in Kalifornien, wo es nur im Winter regnet. Feuchtigkeit ist für Pilzerkrankungen beim Kiefernspanner (*Bupalus piniarius* [L.]) offenbar wichtiger als Wärme, da auch bei kühlem Herbstwetter sich Mykosen ausbreiten (41). Unveröffentlichte Versuche des Verfassers zeigten, daß Raupen des Tannentriebwicklers (*Choristoneura murinana* [Hbn.]) bei 11—12° C zu einem viel höheren Prozentsatz an Mykose, Bakteriosen und Granulose verenden als bei Wechseltemperatur zwischen 11 und 28° C oder dauernd hoher Temperatur (28—29° C). Es kommt in jedem Einzelfall darauf an, ob die Optimalbedingungen für den Wirt und für den Erreger sich entsprechen und wer von den beiden im außeroptimalen Bereich die größere Widerstandskraft besitzt. Die Regel scheint es zu sein, daß sich zum mindesten die Optima decken oder daß bei Witterungsbedingungen, die für die Wirtsinsekten günstig sind, deren Populationsdichte steigt bzw. hoch bleibt und dadurch (indirekt) die Ausbreitung einer Epizootie gefördert wird. Freilandbeobachtungen an Lepidopterenraupen berichten vom Ausbruch einer Polyederseuche sowohl nach Sonnenbestrahlung wie nach Regenwetter (Übersicht bei 3). Offenbar sind, wie bei der Besprechung des Latenzphänomens bereits erwähnt, verschiedene „Stressoren" in der Lage, eine Virusseuche (und vielleicht auch andere Epizootien) schlagartig auszulösen, wenn erst einmal ein hoher Grad allgemeiner latenter Infektion erreicht ist. Der Absterbeverlauf latent viruskranker Nonnenraupen (*Lymantria monacha*) ist verschieden (26), wobei es noch offen bleiben muß, ob dies nur von den Umweltfaktoren abhängt oder auch von dem Grad der latenten Verseuchung und von der genetischen Konstitution der Bevölkerung beeinflußt wird.

Die Wirkung einer Seuchenwelle auf die Wirtspopulation macht oft auch im Freiland den Eindruck einer lokalen Ausrottung. Bekannt sind die vor allem durch Epizootien verursachten radikalen natürlichen Zusammenbrüche von Gradationen, z. B. bei: *Lymantria monacha* (L.) (Kernpolyedrose) (69); *Lymantria dispar* (L.) (Kernpolyedrose) (37); *Zeiraphera griseana* (Hbn.) (Granulose) (39); *Dasychira pudibunda* (L.) (Plasmapolyedrose) (34); *Aporia crataegi* (L.) (Kernpolyedrose) (35); *Neodiprion sertifer* (Geoffr.) (Kernpolyedrose) (44); *Blissus leucopterus* (Say) (Mykose) (52). Tatsächlich überleben jedoch zum mindesten im Randgebiet der Gradation gewöhnlich Reste der Population, die dann das ursprüngliche Wohngebiet wieder besiedeln. Das Beispiel der Rotgelben Kiefernbuschhornblattwespe *(Neodiprion sertifer)* zeigt, daß Teile einer endemisch viruskranken Artpopulation gelegentlich virusfrei sind. Die in Nordamerika aus Europa eingeschleppten Tiere waren es offenbar, und die von ihnen abstammende nordamerikanische Population blieb während etwa 50 Generationen gesund, bis 1949 die Erreger aus dem Herkunftsland nachgeholt wurden (6). Infektionsversuche zeigten, daß ein kleiner Teil der Larven dieser Art auch massive Infektionen überleben kann, dann

allerdings latent verseucht ist (30). Bereits 3 Jahre nach dem Zusammenbruch einer Gradation von *N. sertifer* im Endemiegebiet fanden sich am gleichen Ort einzelne gesunde Larvenfamilien, die nicht latent infiziert waren (36). — Eine Reihe Beispiele spricht dafür, daß manche Populationen anderer Insektenarten, wie z. B. des Schwammspinners *(Lymantria dispar)*, des Seidenspinners *(Bombyx mori)*, eines amerikanischen Webespinners *(Malacosoma disstria)*, permanent verseucht bleiben (Übersicht bei 3).

Wie lange eine Wirtspopulation durch eine Epizootie reduziert wird, hängt von dem Zusammenspiel der beteiligten Faktoren ab. Wir können uns in Analogie zu dem „Minimumgesetz" von LIEBIG auch hier vorstellen, daß der unentbehrliche Einzelfaktor, der am kürzesten oder in geringster Intensität zur Verfügung steht, die Dauer der Seuche bestimmt. Eine Mykose von *Plutella maculipennis* (Curt.) reduziert z. B. diese Raupenart nur solange, wie für die verursachende *Entomophthora sphaerosperma* Fres. günstige feuchtwarme Witterverhältnisse herrschen (61). Sehr oft bestimmt die Populationsdichte den Ausbruch einer Seuche. Liegt der Schwellenwert der Wirtsdichte, wie er für die Entstehung einer Epizootie in Abhängigkeit von der Zahl, der Ausbreitungsfähigkeit und der Aggressivität der Erreger notwendig ist, niedriger als der auffällige oder wirtschaftlich wichtige Bevölkerungsstand, kann man von einem dauernden reduzierenden Einfluß der Seuche sprechen. Als besonders gut untersuchtes Beispiel hierfür sei die Virose der in Nordamerika eingeschleppten Fichtenblattwespe *Diprion hercyniae* (Htg.) genannt. Seit ihrem Auftreten und ihrer künstlichen Verbreitung über das Befallsgebiet hält sich diese Seuche nicht nur ohne menschliche Hilfe, sondern ist (zusammen mit einigen Parasiten) noch der entscheidende Begrenzungsfaktor, obwohl die Populationsdichte radikal abgesunken ist (16) (Abb. 4). Diese Wirkung läßt sich verstehen durch a) den zusätzlichen Einfluß von Parasiten, die zugleich als Vektoren der Virose tätig sind, und b) durch die räumlich weit verstreute Eiablage, wodurch latent verseuchte Weibchen zur Verteilung der „via ovo" infizierten Nachkommen beitragen (7, 8). Weitere Beispiele für Dauerwirkung auch bei mäßiger Wirtsdichte sind die „milky disease" (Bakteriose) des Japankäfers *(Popillia japonica* Newm.) (s. S. 86), Virosen der Luzerneeule *(Autographa californica* [Speyer]) (21) sowie eine Mykose der nach Kalifornien eingeschleppten Luzerneblattlaus *(Therioaphis maculata* [Buckton]) (22).

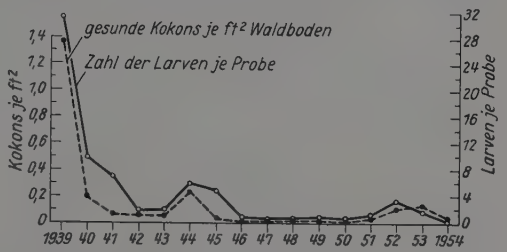


Abb. 4: Beispiel für die Dauerwirkung einer Insektenkrankheit: Die eingeführte Polyeder-Virose der Fichtenblattwespe *Diprion* hercyniae (Htg.) hält in Kanada — zusammen mit ebenfalls aus Europa importierten Entomophagen — seit dem Jahre 1940 die Populationsdichte des früheren Schädlings unterhalb der Schädlichkeitsschwelle. (Nach BIRD & ELGEE, 1957) (18)

Die Übersicht von STEINHAUS (53) zeigt, daß es Insektenseuchen gibt, die sich nur während hoher Populationsdichte manifestieren, und alle Übergänge zu den anderen, die auch bei niedriger Wirtsdichte weiter wirksam bleiben. Die Fälle ge-

lungener künstlicher Infektionen im Freiland beweisen, daß sich die „Begrenzungsfaktoren" der Epizootien verändern lassen, zumal wenn die Infektionswahrscheinlichkeit darüber entscheidet, bei welcher Wirtsdichte eine Seuche noch wirksam werden kann.

Der Einfluß von Epizootien auf andere natürliche Feinde von Insekten ist noch unzureichend untersucht. Nach den bisherigen Beobachtungen schädigen die bei Epizootien besonders wichtigen Erreger wegen ihrer zumeist bestehenden, relativ hohen Wirtsspezifität nur selten direkt entomophage Insekten. *Bacillus thuringiensis* ist z. B. wirkungslos gegen Hymenopteren einschl. der Honigbiene (33, 55), während entomophage Pilze in einigen Fällen vielleicht weniger harmlos sind; hier fehlen noch genaue Untersuchungen. — Indirekt können aber vor allem wirtsspezifische Insekten (Entomophagen) durch eine plötzliche Bestandsverminderung ihrer Wirte bzw. Beutetiere stark geschädigt werden (z. B. *Plutella maculipennis*, 61). In anderen Fällen überdauern die auf geringe Wirtsdichte eingestellten („low density dependent") Arten aus dem Parasitenkomplex und ergänzen das Wirken der Epizootie (z. B. bei *Diprion hercyniae*, 8). Ebenso wie bei dem gleichzeitigen Wirken räuberischer und parasitischer Entomophagen kann man auch bei dem Hinzutreten einer Krankheit von einer Konkurrenz unter den natürlichen Feinden sprechen. Vor allem Parasitenlarven müssen, um zu überleben, ihre Entwicklung auch im erkrankten Wirtsinsekt vollenden können. Daß dies möglich ist, zeigen z. B. Beobachtungen an Larven von *Apanteles medicaginis* Mues., die sich zum Vollinsekt weiterentwickeln, wenn ihre von einer Kernpolyedrose befallene Wirtsraupe (*Colias philodice eurytheme* Bdv.) lange genug am Leben bleibt. Frühes Einsetzen der Virose tötet die jungen Raupen und damit die *Apanteles*-Larven, spätes Erscheinen ermöglicht den Parasiten, die Entwicklung zu vollenden. Die Tachine *Phryxe caudata* Rond. kann sich in schwer viruskranken Raupen des Pinienprozessionsspinners (*Thaumetopoea pityocampa* [Schiff.]) fertig entwickeln, wenn auch die Imagines im Extremfall dann nur $^1/_5$ der normalen Größe erreichen (4). Larven von *Apanteles glomeratus* L. vermögen ihre Entwicklung zu beschleunigen, wenn ihre Wirtsraupe (*Pieris brassicae* [L.]) mit *Bacillus thuringiensis* infiziert ist. (Weitere Beispiele bei 5 und 53.) Wenn man bei der künstlichen Infektion von Insektenpopulationen mit Krankheitserregern diese gegenseitige Abhängigkeit der Begrenzungsfaktoren beachtet, läßt sich vor allem durch einen richtigen Infektionszeitpunkt manches für die „Koexistenz" der natürlichen Feinde erreichen.

Dies ist deswegen besonders wichtig, weil sich manche Glieder einer Biozönose an der Ausbreitung von Seuchenerregern beteiligen (53). Dies können die Artgenossen sein, bei der germinativen und auch bei der mechanischen Weitergabe. Im ersten Fall, der bei Viren, Mikrosporidien und Rickettsien vorkommt, verbreitet das eierlegende Weibchen mit einigen seiner Nachkommen die Erreger. Hierfür gibt es eine Reihe von Indizien und Beobachtungen, z. B. bei Virosen von *Lymantria monacha, Neodiprion sertifer, Pieris brassicae, Bombyx mori* (Übersicht bei 3) und bei den Mikrosporidiosen von *Bombyx mori, Otiorrhynchus ligustici* L. u. a. Arten (68). Kannibalismus und dichtes Zusammenleben der Artgenossen fördert, wie erwähnt, die mechanische Übertragung und die Aufnahme der Erreger mit der Nahrung. Dazu kommen die Einflüsse der Witterung und bestimmte Eigenschaften der Erreger. Regen kann z. B. Erreger auf der Nähr-

pflanze verteilen, Wind sie verblasen. Die Abschleuderung der Konidien erfolgt bei Entomophthoraceen nur über geringe Entfernung. Je länger Dauerformen der Erreger überleben, desto größer ist ihre Infektions-Chance. Polyeder von *N. sertifer* haften nicht von einem Jahr zum anderen an der Futterpflanze, jedoch offenbar solche von *Malacosoma*. Die Lage der ersten Erkrankungsfälle auf der Baumkrone ist wichtig; bei *N. sertifer* breitet sich die Seuche schnell von oben nach unten aus, schlecht von unten nach oben (7). Germinative und mechanische Weitergabe der Erreger erfolgt manchmal gleichzeitig, wie an einer *Malacosoma*-Art kürzlich gezeigt werden konnte (11). Dazu kommt die Übertragung und Verbreitung von Erregern durch andere Tiere. Nicht nur Parasiten und Räuber, sondern auch Kadaverbesucher sind hierzu in der Lage. So überträgt z. B. die Schlupfwespe *Apanteles medicaginis* Mues. die Polyedrose des Luzerneheufalters *Colias philodice eurytheme*, wenn sie erst kranke und dann gesunde Raupen ansticht (59). Die räuberische Wanze *Rhinocoris annulatus* L. und das Rotkehlchen *Erithacus rubecula* L. geben die beim Aussaugen bzw. Fressen von viruskranken *Neodiprion sertifer*-Larven aufgenommenen Polyeder mit dem Kot in infektionsfähigem Zustand wieder ab und tragen dadurch zur Verbreitung der Erreger bei (17) (Abb. 5 u. 6). Auch für andere Virosen, für Bakteriosen sowie für Mikrosporidiosen liegen einige entsprechende Beispiele vor. Andererseits haben gründliche biozönotische Studien von Weiser (67) und Mitarbeitern neuerdings gezeigt, daß Prädatoren der Ausbreitung bzw. Erhaltung von Mikrosporidiosen in der Lebensgemeinschaft manchmal entgegenwirken, indem sie bevorzugt kranke Raupen (z. B. von *Lymantria dispar*, *Hyphantria cunea* u. a.) entfernen. Die epizootiologische Bedeutung der aus der Population selbst und der von außen kommenden Faktoren der belebten sowie unbelebten Umwelt ist somit erheblich.

Abb. 5: Raubwanze (*Rhinocoris annulatus* L.) an einer viruskranken Larve von *Neodiprion sertifer* (Geoffr.) saugend. (Orig.)

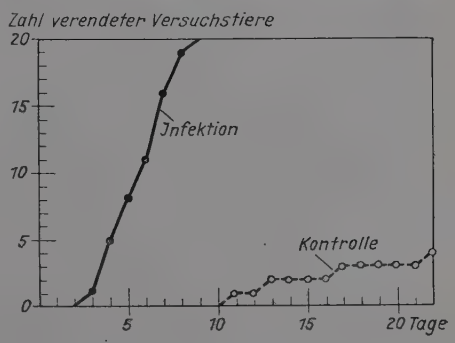


Abb. 6: Absterbefolge von *N. sertifer*-Larven nach Infektion des Futters mit einer Aufschwemmung angetrockneter Kottropfen einer an viruskranken *N. sertifer*-Larven gefütterten *Rhinocoris annulatus* (ausgezogene Linie) im Vergleich zu Kontrolltieren an unbehandeltem Futter (unterbrochene Linie). (Nach FRANZ, KRIEG & LANGENBUCH, 1955) (17)

Wie man sich Ablauf und zyklische Wiederkehr von Epizootien entweder durch umweltbedingte Variation der Eigenschaften des Wirtes und/oder des Erregers vorstellen kann, sei an dem folgenden Schema in Anlehnung an Krieg (32) dargestellt. Die rechte Hälfte der Abb. 7 deutet an, wie durch Einbruch von Pathogenen (z. B. Viren) in eine empfindliche, aber gesunde Wirtspopulation eine Infektion entsteht. Starke Vermehrung der Erreger im Wirt und ihre Weitergabe (Infektionskette) kann Teile der Population vernichten. Andere Teile können den Erreger tolerieren, und zwar dann, wenn die Tiere nicht empfindlich genug sind, der Erreger nicht stark pathogen ist oder die Infektion zu spät (in bezug auf das empfindliche Stadium) bzw. mit zu geringer Dosis erfolgt. Tolerierende Tiere bilden die latent infizierte Population, die zusammen mit den zufällig nicht infizierten Individuen (auf dem Schema nicht angegeben) die überlebende Restbevölkerung darstellt. Die bei latenter Infektion wohl nur germinativ weitergegebenen Erreger (z. B. Viren) können offenbar nach mehreren Imaginalpassagen stark verdünnt werden, so daß wenigstens bei manchen Arten mehr und mehr wirklich gesunde Tiere vorkommen. Eine neue Epizootie entsteht dann bei diesem Typus der variablen Wirtsqualität entweder durch *Provokation* (also umweltbedingte Änderung des physiologischen Zustandes, vgl. S. 39) latent infizierter Individuen, durch *Neuinfektion* gesunder oder durch beides gemeinsam (Superinfektion).

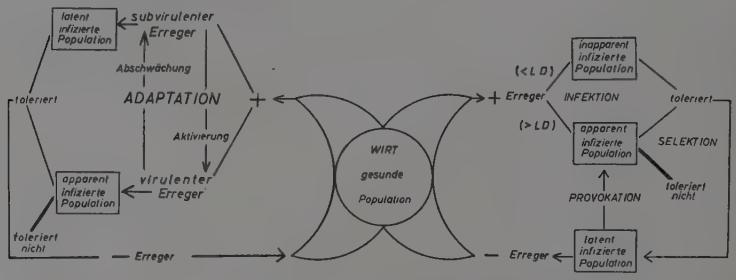


Abb. 7: Schema für Ablauf und zyklische Wiederkehr von Epizootien. Rechts: Variation der Eigenschaften des Wirtes. Links: Variation der Erreger-Eigenschaften (Näheres im Text)

Eine zweite, ebenfalls mögliche Form des Seuchenablaufes beruht auf einer *Variabilität der Erregereigenschaften,* die wir speziell von Bakterien kennen (vgl. Abb. 7, linke Schemahälfte). Das Wesentliche ist hierbei eine adaptive Steigerung der Virulenz durch geeignete Wirtspassagen bzw. ein Virulenzverlust bei saprophytischer Lebensweise (enzymatische *Adaptation*). Beides ist für Bakterien experimentell nachgewiesen (vgl. S. 81).

Zu diesen, in Abb. 7 dargestellten, umweltinduzierten Variationen beim einzelnen Wirt und Erreger kommen die durch Mutation[3]) und Selektion bedingten Leistungsänderungen der Wirts- und Erregerpopulationen, die schon bei der Behandlung der Resistenz besprochen worden sind. Auch diese sind im Schema der Abb. 7 für die

[3]) Ob auch bei Virusseuchen der Insekten Mutationen der Erreger eine Rolle spielen, ist bisher noch nicht geklärt. Erste Hinweise für eine Mutabilität liegen bei den Kernpolyederviren von *Bombyx mori* (L.) und *Antheraea pernyi* (Guér.) vor (18).

Wirtsbevölkerung angedeutet. Die Selektion kann ansetzen, wo ungleiche Empfindlichkeit besteht. Eine solche äußert sich darin, daß von dem apparent infizierten Populationsteil die Mehrzahl stirbt, ein Teil aber doch überleben kann („toleriert").

Zweifellos bieten die „Populationswellen" von Wirtsinsekten und Erregern der Auslese viele Ansatzpunkte. Nach der am häufigsten vertretenen Ansicht arbeitet die Selektion auf einen Gleichgewichtszustand zwischen Pathogen und Wirt hin. Arten, wie der nordamerikanische Tannentriebwickler (*Choristoneura fumiferana*), die mit zahlreichen Krankheiten latent infiziert sind, ohne daß es zu eigentlichen Epizootien käme, müßten danach einen Endzustand der Entwicklung repräsentieren. Angesichts der relativ häufigen Fälle regelmäßiger Seuchenausbrüche am Ende einer Gradation bei anderen Phytophagen (vgl. oben) muß man sich andererseits fragen, ob nicht auch darin von der Selektion erfaßbare Vorteile für den Fortbestand solcher Arten und damit der Pathogene liegen, daß diese an der Übernutzung ihrer Nährpflanzen gehindert werden. Die germinative Weitergabe mancher Erreger und die regelmäßige Wiederkehr gleichartiger Epizootien können zum mindesten den Eindruck erwecken, als ob sich der „Einbau" eines solchen Bremsmechanismus gegen die ungehemmte Vermehrungskraft der Wirtsart im Zusammenleben von Erreger und Wirt bewährt habe, sozusagen als Ausweitung der intraspezifischen Konkurrenz, der ohnehin völlig dichteabhängigen letzten Begrenzung verwirklichter Vermehrungspotenzen.

Literatur zu 3, a, aa und 3, a, bb

1. Angus, T. A.: The reaction of certain lepidopterous and hymenopterous larvae to *Bacillus sotto* Toxin. Canad. Entomologist, *88*, 280—283, 1956.

2. Bergold, G. H.: The polyhedral disease of the spruce budworm, *Choristoneura fumiferana* (Clem.). Canad. J. Zool., *29*, 17—23, 1951. — **3.** Bergold, G. H.: Viruses of insects. Handbuch der Virusforschung, *4* (3. Erg.-Bd.), Springer, Wien, 60—142, 1958. — **4.** Biliotti, E.: Survie des larves endophages de tachinaires à une mort prématurée de leur hôte par maladie. Compt. rend. Acad. Sci., Paris, *240*, 1021—1023, 1955. — **5.** Biliotti, E.: Entomophages et maladies des insectes. Entomophaga, *1*, 45—53, 1956. — **6.** Bird, F. T.: The use of a virus disease in the biological control of the European pine sawfly, *Neodiprion sertifer* (Geoffr.). Canad. Entomologist, *85*, 437—446, 1953. — **7.** Bird, F. T.: Virus diseases of sawflies. Canad. Entomologist, *87*, 124—127, 1955. — **8.** Bird, F. T., & D. E. Elgee: A virus disease and introduced parasites as factors controlling the European spruce sawfly, *Diprion hercyniae* (Htg.), in Central New Brunswick. Canad. Entomologist, *89*, 371—378, 1957. — **9.** Briggs, J. D.: Humoral immunity in lepidopterous larvae. J. exp. Zool., *138*, 155—188, 1959. — **10.** Bucher, G. E.: Disease of the larvae of tent caterpillars caused by sporeforming bacterium. Canad. J. Microbiol., *3*, 695—709, 1957.

11. Clark, E.: Ecology of the polyhedroses of tent caterpillars. Ecology, *39*, 132—139, 1958.

12. Escherich, K.: Die Forstinsekten Mitteleuropas, I. Band, Paul Parey, Berlin, 432 pp., 1914. — **13.** Escherich, K.: Die Forstinsekten Mitteleuropas, III. Band, Paul Parey, Berlin, 825 pp., 1931. — **14.** Evlachova, A. A., & O. J. Švecova: Zusammenstellung über Insektenkrankheiten und Anwendung der mikrobiologischen Methode im Pflanzenschutz. Izdatel'stvo Akademii Nauk SSSR, Leningrad, Moskva, 80 pp., 1953 (Orig. russisch).

15. Franz, J.: Über die genetischen Grundlagen des Zusammenbruchs einer Massenvermehrung aus inneren Ursachen. Z. angew. Ent., *31*, 228—260, 1950. — **16.** Franz, J.: Die künstliche Verbreitung von Virosen einiger Blattwespen (Diprionidae) innerhalb und außerhalb ihres Endemiegebietes. Verh. Deutsch. Zool. Ges. (Erlangen, 1955), 407—412, 1956. — **17.** Franz, J., A. Krieg & R. Langenbuch: Untersuchungen über den Einfluß der Passage durch den Darm von Raubinsekten und Vögeln auf die Infektiosität insektenpathogener Viren. Z. Pflkrankh., *62*, 721—726, 1955.

18. Geršenson, S. M.: Zellinfektionsverlauf durch Polyederviren unter Berücksichtigung der Polyedergröße und -form. Compt. rend. Acad. Sci. URSS, *110*, 1199—1201, 1956. —

19. Geršenson, S. M.: New data on the pathogenesis of insect polyhedrosis. Voprosy virusologii, *2*, 97—101, 1958. — 20. Grace, T. D. C.: Induction of polyhedral bodies in ovarian tissues of the tussock moth in vitro. Science, Lancaster, *128*, 249—250, 1958.

21. Hall, I. M.: The role of virus diseases in the control of the alfalfa looper. J. econ. Ent., *46*, 1110—1111, 1953. — 22. Hall, M., & P. H. Dunn: Fungi on spotted alfalfa aphid. Calif. Agric., *11*, 5, 14, 1957. — 23. Heimpel, A. M., & T. A. Angus: The site of action of crystalliferous bacteria in Lepidoptera larvae. J. Insect Pathol., *1*, 152—170, 1959. — 24. L'Héritier, Ph.: Les virus intégrés et l'unité cellulaire. Ann. Biol., Paris, *31*, 481—496, 1955. — 25. Huger, A.: Untersuchungen zur Pathologie einer Mikrosporidiose von *Agrotis segetum* (Schiff.) (Lepidopt., Noctuidae), verursacht durch *Nosema perezioides* nov. spec. Z. Pflkrankh., *67*, 65—77, 1959.

26. Janisch, E.: Nachträge zum Problem des Polyedervirus bei Insektenkrankheiten. Z. angew. Ent., *42*, 292—306, 1958.

27. Krieg, A.: Zur Differentialdiagnose von Viruskrankheiten bei Insekten. Mikroskopie, *10*, 258—262, 1955. — 28. Krieg, A.: Zur Frage einer „künstlichen Viruserzeugung" in *Bombyx mori* L. Naturwissenschaften, *42*, 589—590, 1955. — 29. Krieg, A.: Eine Polyedrose von *Aporia crataegi* L. (Lepidoptera). II. Mitt. Z. Pflkrankh., *64*, 657—662, 1957. — 30. Krieg, A.: „Toleranzphänomen" und Latenzproblem. Arch. ges. Virusforsch., *7*, 212—219, 1957. — 31. Krieg, A.: Immunität bei Insekten. Z. Immunitätsforschg. u. exp. Therapie, *115*, 472—477, 1958. — 32. Krieg, A.: Grundlagen der Insektenpathologie. Viren-, Rickettsien- und Bakterien-Infektionen. Dr. D. Steinkopff Verlag, Darmstadt, 304 pp., 1960. — 33. Krieg, A., & J. Franz: Versuche zur Bekämpfung von Wachsmotten mittels Bakterien. Naturwissenschaften, *46*, 22—23, 1959. — 34. Krieg, A., & R. Langenbusch: Über eine Polyedrose von *Dasychira pudibunda* L. (Lepidoptera, Lymantriidae). Arch. ges. Virusforsch., *7*, 18—27, 1956. — 35. Krieg, A., & R. Langenbuch: Eine Polyedrose von *Aporia crataegi* L. (Lepidoptera). Z. Pflkrankh., *63*, 95—99, 1956. — 36. Krieg, A., & O. F. Niklas: Unpublizierte Beobachtungen. — 37. Kovačević, Ž.: The importance of the polyhedry for the mass appearance of some insects. Plant Prot., Beograd No. 23, 3—20, 1954 (Orig. kroatisch).

38. Luria, S. E.: General Virology. John Wiley & Sons Inc., New York, Chapman & Hall Ltd., London, 427 pp., 1953.

39. Martignoni, M. E.: Contributo alla conoscenza di una granulosis di *Eucosma griseana* (Hübner) (Tortricidae, Lepidoptera) quale fattore limitante il pullulamento dell'insetto nella Engadina alta. Mitt. schweiz. Anst. forstl. Vers.wesen, Zürich, *32*, 371—418, 1957 (Orig. ital. m. dtsch., französ. u. engl. Zsfssg.). — 40. Masera, E.: Le malattie infettive degli insetti e loro indice bibliografico. Licinio Capelli, Bologna, 343 pp., 1936. — 41. Müller-Kögler, E.: Laboratoriums- und Freilandversuche mit Kiefernspannerraupen und zwei insektentötenden Pilzen. Z. angew. Ent., *28*, 613—645, 1942. — 42. Müller-Kögler, E.: Pilzkrankheiten bei Insekten. Anwendung in den letzten zwei Jahrzehnten und Grundlagen. Mitt. Biol. Bundesanst. (Berlin-Dahlem), im Druck.

43. Niklas, O. F.: Zur Temperaturabhängigkeit der Vertikalbewegungen Rickettsiosekranker Maikäferengerlinge (*Melolontha* spec.). Anz. Schädlkde., *30*, 113—116, 1957. — 44. Niklas, O. F., & J. Franz: Begrenzungsfaktoren einer Gradation der Roten Kiefernbuschhornblattwespe *(Neodiprion sertifer* [Geoffr.]) in Südwestdeutschland 1953 bis 1956. Mitt. Biol. Bundesanst., Berlin-Dahlem H. 89, 1—39, 1957.

45. Paillot, A.: L'infection chez les insectes. Immunité et symbiose. G. Patissier, Trévoux (Ain), 535 pp., 1933.

46. Rivers, C. F.: Virus resistance in larvae of *Pieris brassicae* L. Trans. 1. Conf. Ins. Path. Biol. Contr. (Praha, 1958), 205—210, 1959.

47. Sidor, Č.: Susceptibility of larvae of the large white butterfly *(Pieris brassicae* L.) to two virus diseases. Ann. appl. Biol., *47*, 109—113, 1959. — 47 a. Smith, K. M.: The insect viruses. In: The Viruses, vol. 3: Animal Viruses, Academic Press New York, London, 369—392, 1959. — 48. Smith, K. M., & C. F. Rivers: Some viruses affecting insects of economic importance. Parasitology, *46*, 235—242, 1956. — 49. Smith, K. M., & R. C. Williams: Insect viruses and their structure. Endeavour, London, *17*, 12—21, 1958. — 50. Smith, K. M., & N. Xeros: Studies on the crosstransmission of polyhedral viruses: Experiments with a new virus from *Parameis cardui*, the painted lady butterfly. Parasitology, *43*, 178—185, 1955. — 51. Steinhaus, E. A.: Insect Microbiology. Comstock Publ. Comp. Inc., Ithaca, New York, 763 pp., 1946. — 52. Steinhaus, E. A.: Principles of Insect Pathology. 1. Ed., McGraw-Hill Book Comp., Inc., New York, Toronto, London, 757 pp., 1949. — 53. Steinhaus, E. A.: The effects of disease on insect populations. Hilgardia, *23*,

197—261, 1954. — **54.** Steinhaus, E. A.: Microbial control — the emergence of an idea. A brief history of insect pathology through the nineteenth century. Hilgardia, *26*, 107—160, 1956. — **55.** Steinhaus, E. A.: List of insects and their susceptibility to *Bacillus thuringiensis* Berliner and closely related bacteria. Lab. of Insect Pathology, Dept. of Biological Control, Univ. of California, Berkeley, Mim. Ser. No. 4, 24 pp., 1957. — **56.** Steinhaus, E. A.: Stress as a factor in insect disease. Proc. 10. Int. Congr. Ent. (Montreal, 1956), *4*, 725—730, 1958.

57. Tanada, Y.: Some factors affecting the susceptibility of the army worm to virus infections. J. econ. Ent., *49*, 52—57, 1956. — **58.** Tanada, Y.: Microbial control of insect pests. Ann. Rev. Ent., *4*, 277—302, 1959. — **59.** Thompson, C. G., & E. A. Steinhaus: Further tests using a polyhedrosis virus to control the alfalfa caterpillar. Hilgardia, *19*, 411—445, 1950. — **60.** Thompson, C. G.: The use of certain entomogenous microorganisms to control the alfalfa caterpillar. Proc. 10. Int. Congr. Ent. (Montreal, 1956), *4*, 693, 1958. — **61.** Ullyett, G. C., & D. B. Schonken: A fungus disease of *Plutella maculipennis* Curt. in South Africa, with notes on the use of entomogenous fungi in insect control. Union South Africa, Dept. Agr. and Forest, Sci. Bull. *218*, 24 pp., 1940.

62. Vago, C.: Maladies latentes et tolerance symbiotique chez les invertebrés. 6. Congreso Internacional de Patologia Comparada, *1*, 121—133, 1952. — **63.** Vago, C.: Actions virusales indirectes. Entomophaga, *1*, 82—87, 1956. — **64.** Vago, C.: L'enchaînement des maladies chez les insectes. Ann. Epiphyties (C), Paris, Numero Hors série, 181 pp., 1959. — **65.** Vago, C.: Multiplication du virus *Borrelina bombycis* sur chrysalides de vers à soie. Compt. rend. Acad. Sci., Paris, *245*, 2115—2117, 1957. — **66.** Vago, C., & L. Vasiljević: Une réaction d'immunité chez les insectes: l'attraction épicytaire. Mikroskopie, *11*, 136—139, 1956.

67. Weiser, J.: Protozoäre Infektionen im Kampfe gegen Insekten. Z. Pflkrankh., *63*, 625—638, 1956. — **68.** Weiser, J.: Transovariale Übertragung der *Nosema otiorrhynchi* W. Acta Soc. Zool. Bohemoslovenicae, *22*, 10—12, 1958. — **69.** Wellenstein, G.: Zum Massenwechsel der Nonne. In: Die Nonne in Ostpreußen. Monogr. angew. Ent., Berlin Nr. 15, 207—278, 1942.

cc) Mikrobiologische Bekämpfung von Schadinsekten

α) Allgemeines

Die Verwendung von Mikroorganismen zur Bekämpfung schädlicher Insekten bezweckt, künstlich Epizootien hervorzurufen, die „von selbst" nicht zustandekommen. Aus den beiden vorhergehenden Abschnitten dürfte klar geworden sein, daß die natürliche Entstehung der Seuchen von zahlreichen Faktoren abhängt, die teils in den Eigenschaften der Erreger oder der Wirte begründet sind und teils von Umweltfaktoren beeinflußt werden. Nur bestimmte Teile dieses Faktorenkomplexes können durch menschliche Maßnahmen verändert werden. Um diese beeinflußbaren Faktoren zu finden, muß am Anfang jeder praktischen Nutzung von Pathogenen eine sorgfältige Grundlagenforschung stehen. Diese hat den früheren, mit viel Begeisterung unternommenen Versuchen zur mikrobiologischen Insektenbekämpfung weitgehend gefehlt. So ist es kein Wunder, daß nach einigen ermutigenden Anfangserfolgen (vgl. S. 6) immer mehr Fehlschläge vorkamen und daß die ursprüngliche Aufgeschlossenheit gerade der Praxis für diese „natürliche" Form der Schädlingsbekämpfung in resignierende Zurückhaltung umschlug.

Von den 8 Jahrzehnten, die seit den ersten praktischen Versuchen zur Auslösung und Verbreitung einer Insektenkrankheit inzwischen vergangen sind, brachte das letzte Dezennium die größten Fortschritte. Sie wurden möglich, seit vor allem durch die Arbeiten (17, 18) und die Lehrtätigkeit von Steinhaus an der University of California die Lehre von den Insektenkrankheiten ein festes Fundament erhielt. In diesen letzten Zeitabschnitt fallen auch die erste Darstellung der insektenpathogenen Viren (1) und die erste praktische Nutzung von Virosen (vgl. S. 65 ff.). Dem ver-

besserten Grundlagenwissen über die Erreger folgten praktische Erfolge, die es gerechtfertigt erscheinen lassen, die Aussichten der Methode nach dem heutigen Stand unserer Kenntnisse kurz zusammenzufassen (8, 9, 19, 21, 22, 23 a).

Hierzu seien zuerst Vorteile und Nachteile des mikrobiologischen Verfahrens einander gegenübergestellt.

Vorteile:

αα) Die Erreger von Insektenkrankheiten sind für andere Lebewesen nahezu durchgehend ungefährlich. Das Problem toxischer Rückstände von Pestiziden aller Art wird heute mehr als früher beachtet. Viele Pflanzen werden von Mensch oder Haustieren wenig bearbeitet aufgenommen (z. B. Tabak, Heil- und Gewürzpflanzen, Obst und Gemüse); dabei sind Reste von Pflanzenschutzmitteln unerwünscht, teilweise gefährlich. Ließen sich diese Mittel wenigstens teilweise durch Erreger von Insektenkrankheiten ersetzen, wäre damit eine Möglichkeit gegeben, um die in manchen Ländern vorgeschriebenen erlaubten Höchstgrenzen toxischer Rückstände (Toleranzen) nicht zu überschreiten. Obwohl die Verwendung von Mikroorganismen bei Laien oft Abwehrgefühle auslöst, besteht nach sorgfältiger Prüfung der bisher bekannten Tatsachen (22) kein Grund, diese Methode zu fürchten, nur weil sie sich der Mikroben bedient. Wein, Bier, Brot, Käse und zahlreiche andere Nahrungsmittel verdanken ihre Qualität der Mitwirkung von Mikroorganismen. Die bisher praktisch verwendeten und aussichtsreichen insektenpathogenen Viren, Bakterien und Protozoen sind für Warmblüter durchweg apathogen (Pilze vgl. S. 96). Auch die Gefahr einer nachträglichen Mutation insektenpathogener in humanpathogene Bakterien ist nach neuesten Untersuchungen minimal (23). Eine Form der Prüfung und Anerkennung von industriell vermehrten entomophagen Mikroorganismen ist zur Sicherung gleichbleibender Qualität und aus Verantwortung gegenüber den Verbrauchern jedoch zweckmäßig. Diese einzuführen wurde notwendig, als Krankheitserreger zusammen mit anderen Schädlingsbekämpfungsmitteln in den USA in den Handel kamen (vgl. unten). Die Methoden zur Qualitätsprüfung von Erregern sind neuerdings sehr verbessert worden durch Einführung quantitativer Verfahren (4, 5), die Benutzung einheitlichen Tiermaterials (*Pieris brassicae* [L.]) (10) und standardisierter Erregerpräparate (vgl. S. 82) (6).

ββ) Die relativ hohe Spezifität der meisten Erreger von Insektenseuchen erscheint geeignet, nützliche Glieder der Fauna zu schützen. Wie später noch ausführlich erörtert (vgl. S. 205), gefährdet gerade die große Breitenwirkung vieler heute angewandter Pflanzenschutzmittel die übrige Tierwelt und damit die natürliche Regulationsfähigkeit der Biozönose. Die Anwendung von Krankheitserregern, die weder Raubinsekten noch parasitische Insekten noch bestäubende Arten (Bienen!) gefährden, trägt daher dazu bei, die Nebenwirkung eines bei jeder Schädlingsbekämpfung unvermeidlichen Eingriffes in das Gesamtgefüge einzuschränken.

γγ) Viele Erreger von Insektenkrankheiten sind mit anderen Pflanzenschutzmitteln bzw. in der Landwirtschaft notwendigen Chemikalien verträglich. Bakteriensporen als Erreger der „milky disease" des Japankäfers (*Popillia japonica* Newm.) bringt man z. B. in Nordamerika vielfach zusammen mit Kunstdünger in den Boden (11). Sporen von *Bacillus thuringiensis* kann man ohne Wirkungsverlust mit den Fungiziden Kupferoxychlorid und Dithiokarbamat mischen (14). Durch solche kombinierte Ausbringung läßt sich der Arbeitsaufwand für die

mikrobiologische Bekämpfung verringern. In manchen Fällen hat man pflanzenfressende Insekten (z. B. *Cleonus punctiventris* [Germ.], *Galerucella luteola* Müll., *Otiorrhynchus ligustici* L.) durch kombinierte Verwendung von Kontaktinsektiziden mit Pilz- bzw. Mikrosporidien-Sporen bekämpft. Dabei wurde eine synergistische Wirkung von Insektiziden und Krankheitserregern in dem Sinne beobachtet, daß subletale Dosen der Chemikalien (z. B. DDT- und HCH-Präparate) die Insekten empfindlicher gegen Krankheiten machten (7, 24, 25) (vgl. auch S. 95).

δδ) Die Leichtigkeit und Billigkeit, mit der viele Erreger von Insektenkrankheiten vermehrt werden können, hat manchmal dazu geführt, daß sich die Verbraucher durch Aufsammeln toter Schädlinge selbst mit dem Ausgangsmaterial für neue künstliche Infektionen versorgt haben, z. B. bei der Kernpolydrose des Luzerneheufalters *Colias philodice eurytheme* (Bdv.). Im übrigen ist die rationelle Massenproduktion geeigneter Erreger eine Frage der Zusammenarbeit von Forschung und Industrie, die später diskutiert wird.

εε) Die Vielseitigkeit, mit der sich insektenpathogene Mikroorganismen ausbringen lassen, erleichtert ihre praktische Nutzung. Gemischt mit Streckmitteln kann man viele von ihnen als Staub oder granuliert verbreiten, mit oder ohne Haft- oder Netzmittel als wäßrige Suspensionen versprühen. Da es sich um lebende Organismen handelt, lassen sich vor allem zur Bekämpfung eingeschleppter Schadinsekten, die aus irgendeinem Grund frei von ihren spezifischen Krankheiten sind, die entsprechenden Erreger nachholen und — wie auch parasitische oder räuberische höhere Tiere — in der neuen Heimat dauernd ansiedeln (Beisp. bei 3, a, cc, *β*). In den günstigsten Fällen kann man Dauererfolge erzielen, in anderen ist gelegentlich oder regelmäßig die Behandlung zu wiederholen. Je nach der Art der zu schützenden Kulturpflanze und der verwendeten Erreger lassen sich also die verschiedensten Typen mikrobiologischer Bekämpfung anwenden, eine Auswahl, die mit zunehmender Kenntnis der Pathogene weiter anwachsen wird.

ζζ) Das Ausbleiben oder sehr langsame Entstehen von Biotypen unter den Schadinsekten, die gegen bestimmte Krankheitserreger resistent werden, dürfte auch als Folge der Organismennatur der Erreger zu deuten sein. In der Auseinandersetzung von Wirt und Pathogen haben beide grundsätzlich die Möglichkeit zu mutativer Variation, über die wir jedoch im einzelnen noch sehr wenig wissen. Tatsache ist, daß die wenigen (2) bisher beobachteten Fälle einer gewissen Toleranzsteigerung von Insekten gegen Krankheitserreger (vgl. S. 43) die wirksame Wiederkehr der Epizootie nicht verhindert haben, d. h. daß keine beständigen Änderungen der Wirtseigenschaften vorliegen. Dies ist auch verständlich, da durch natürliche Seuchenausbrüche laufend eine scharfe Selektion unter den Wirtsinsekten ausgeübt wird, ohne daß diese bisher in meßbarem Grade dauerhaft unempfindlicher geworden wären (nicht zu verwechseln mit dem vorübergehenden Virulenzverlust mancher Erreger) (vgl. S. 36). Eine solche Beständigkeit kontrastiert stark mit der laufenden Entstehung von Insektenstämmen, die in kurzer Zeit gegenüber Insektiziden permanent unempfindlicher geworden sind. Wie sich die Dinge bei regelmäßiger Verwendung von Erregern in der Praxis entwickeln werden, bleibt abzuwarten.

ηη) Zur Herstellung wirksamer Suspensionen bzw. Stäube genügen oft geringe Ausgangsmengen an Erregern. 8 virustote Raupen des Luzerneheu-

falters *(Colias philodice eurytheme)* oder ebensoviele entsprechende Larven der Rotgelben Kiefernbuschhornblattwespe (*Neodiprion sertifer* [Geoffr.]) beherbergen z. B. genügend Polyeder, um mit der aus ihnen gewonnenen Erregersuspension auf einem Hektar Anbaufläche einen durchschlagenden Infektionserfolg zu erzielen (2, 13, 19).

Diesen Vorteilen stehen folgende, z. T. allerdings überwindbare ungünstige Eigenarten des mikrobiologischen Verfahrens gegenüber (vgl. auch 3):

Nachteile:

αα') Die Ausbringung von Krankheitserregern muß zeitlich genau auf den Lebensablauf der Insekten abgestimmt sein. Gewöhnlich wirken Mikroorganismen langsamer als Chemikalien (Inkubationszeit, vgl. S. 36). Man muß sie daher so rechtzeitig anwenden, daß die Schädlinge vor dem Absterben keinen wesentlichen Schaden anrichten können. Durch sorgfältige Überwachung der Kulturen und Prognose läßt sich jedoch sicherstellen, daß man mit diesen langsamen Verfahren nicht zu spät kommt. Durch Kombination mit Insektiziden oder schnell wirkenden Erregern läßt sich ferner ein Zeitverlust einholen.

ββ') Die mehr oder minder große Spezifität der Krankheitserreger führt dazu, daß nicht, wie bei vielen Insektiziden, mehrere Schädlinge (z. B. Käfer- und Schmetterlingslarven) in einem Arbeitsgang bekämpft werden können. Mit zunehmender Kenntnis der Insektenkrankheiten werden sich jedoch manchmal zwei relativ spezifische Erreger kombinieren lassen. Im übrigen zeigt die Erfahrung, daß — auf die Dauer gesehen — der erhöhte Arbeitsaufwand bei der Verwendung spezifischer Agentien wegen der oben erwähnten übrigen Vorteile lohnt.

γγ') Pathogenität der Erreger und Krankheits-Disposition der Insekten sind von zahlreichen Außen- und Innenfaktoren abhängig, die sich dem menschlichen Einfluß entziehen. Es gilt also, die für wichtige Schädlinge besonders pathogenen Erreger zu finden und dann zu applizieren, wenn — wie z. B. am Beginn der Larvenentwicklung oder beim Vorliegen einer schwachen Primärinfektion — die Widerstandskraft des Wirtes herabgesetzt ist.

δδ') Bei einigen Erregergruppen macht es Mühe, die Pathogene bis zur gelungenen Infektion in einem lebensfähigen und virulenten Zustand zu erhalten. So werden nicht-sporenbildende Bakterien (wohl infolge irreversibler Austrocknung) schnell inaktiviert; Mikrosporidiensporen verlieren auch bei Aufbewahrung im Kühlraum nach etwa 1 Jahr ihre Infektiosität. Durch Verbesserung der Konservierungstechnik und Auswahl solcher Erreger, die widerstandsfähige Dauerkörper bilden (z. B. sporenbildenden Bakterien, Viren mit Einschlußkörpern), läßt sich diese Schwierigkeit teilweise umgehen.

εε') Auch die Produktionskosten der benötigten Erregermengen können manchmal hoch sein; dies ist jedoch mehr eine technische als eine biologische Frage (s. unten).

ζζ') Wenn Kulturpflanzen ungewaschen verarbeitet werden und hohe Ansprüche an die Reinheit des Erzeugnisses gestellt werden müssen, kann das Kleben bleiben von Insektenkadavern an den Pflanzen lästig werden. Je früher eine Schädlingspopulation infiziert wird, umso geringer sind jedoch die bei der Ernte noch anhaftenden Verunreinigungen.

ηη') Die Abhängigkeit von Witterungsfaktoren ist vor allem bei Pilzinfektionen ausgeprägt, da diese meist eine hohe Luftfeuchtigkeit benötigen.

Durch künstliche Bewässerung kann das Mikroklima auf Feldern z. T. günstig beeinflußt werden, z. B. bei künstlicher Infektion der Luzerneblattlaus *Therioaphis maculata* (Buckton) durch Entomophthoraceen in Kalifornien (12). Bei peroraler Infektion durch andere Erregergruppen hängt der Erfolg jedoch weniger oder gar nicht von den Witterungsbedingungen ab.

Ein sorgfältiger Vergleich der genannten Vor- und Nachteile zeigt, daß die mikrobiologische Bekämpfung nach dem heutigen Wissensstand keine Generallösung des Problems der Schädlingsbekämpfung bietet. Manche Nachteile liegen in der Natur des Arbeitens mit Mikroorganismen, andere werden sich voraussichtlich durch weitere Forschung und technische Entwicklung beheben lassen. Die aufgeführten Vorteile dieser Methode dürften es wert sein, durch weitere Versuche ausgebaut und der Praxis nutzbar gemacht zu werden. In den Vereinigten Staaten und neuerdings in Europa stand der vermehrten praktischen Anwendung des Verfahrens bis vor kurzem entgegen, daß die Forschungsinstitute der Praxis nicht die geeigneten und häufig angeforderten Erreger liefern konnten (19). Obwohl gelungene Freilandversuche bisher gegen einige Dutzend Schädlingsarten vorliegen (vgl. folgenden Teil), hat es geraume Zeit gedauert, bis die chemische und pharmazeutische Industrie sich — zuerst in Nordamerika, nun auch in Europa — mit dem Gedanken einer Massenproduktion von Pathogenen vertraut gemacht hat. Wie schon die industrielle Erzeugung von Antibiotica gezeigt hat, sind auch komplizierte biologische Vorgänge dem Großverfahren zugänglich. Die Voraussage dürfte berechtigt sein, daß sich damit auch der mikrobiologischen Bekämpfung ganz neue Möglichkeiten eröffnen. Entscheidend ist die Frage der Rentabilität, die wiederum von der jeweiligen Anschauung über die zweckmäßigsten Methoden zur Schädlingsbekämpfung im Sinne einer nachhaltigen und dadurch rationellen Regelung bestimmt wird.

Für die weitere Entwicklung der mikrobiologischen Verfahren wird es notwendig sein, daß die jetzt in zahlreichen Ländern der Erde [1]) angelaufenen Forschungsvorhaben genügend lange durchgeführt werden können, um in jedem einzelnen Fall die gesicherten Voraussetzungen einer praktischen Anwendung zu klären (20). Nicht jeder Erreger einer natürlichen Epizootie eignet sich für eine künstliche Infektion, und nicht jedes Pathogen, das bisher noch nicht als Verursacher einer Seuche im Freiland beobachtet worden ist, scheidet für die praktische Verwendung aus. Die folgenden Abschnitte behandeln z. B. mangels gelungener Freilandversuche nicht die Rickettsienkrankheiten von Insekten, obwohl diese bei Epizootien von *Melolontha* spec. und von *Tipula paludosa* Meig. eine wichtige Rolle spielen und sich das zukünftige Bild durchaus ändern kann (15, 16, 26). Für den Infektionserfolg sind außer einer Reihe von nicht vom Menschen beeinflußbaren Faktoren die Ausbreitungsfähigkeit der Erreger, ihre Virulenz und die richtige Zeit der Infektion entscheidend; diese letztgenannten Größen können von dem Fachmann häufig im Sinne einer künstlichen Wirkungssteigerung beeinflußt werden.

Oft wird heute die angeblich prinzipielle Gleichheit von der Anwendung chemischer Stoffe und Mikroorganismen hervorgehoben. Gleich oder ähnlich sind hierbei nur die technischen Formen der Ausbringung (als Staub oder in flüssiger Form). Ganz abgesehen von den dauernd oder langfristig nachwirkenden Mikroorganismen (viele Viren, manche Bakterien)

[1]) Das 1958 von Prof. Steinhaus (Berkeley, Kalifornien) herausgegebene Adressenverzeichnis der Insektenpathologen umfaßt 129 Forscher aus 23 verschiedenen Ländern.

unterscheiden sich auch kurzfristig auf die Wirtstiere einwirkende Krankheitserreger wesentlich von den üblichen Insektiziden. Wie oben auseinandergesetzt, zeigen Mikroorganismen eine höhere Spezifität, geringere Warmblüter-Toxizität, kaum schädigende Nebenwirkungen in der Nützlingsfauna und keine Gefahr einer Resistenzbildung bei den bekämpften Insekten. Einige Erreger werden über das Ei an die nächste Generation weitergegeben. Von einer lokalen künstlichen Infektion kann eine Seuchenwelle ausgehen. Für das Verständnis jeder biologischen Bekämpfung, vor allem der mikrobiologischen Methode, ist jedoch die Einsicht in den wesentlichen Unterschied von technischer Anwendungsform und Gesamtwirkung unentbehrlich.

Literatur zu 3, a, cc, α

1. Bergold, G. H.: Die Isolierung des Polyeder-Virus und die Natur der Polyeder. Z. Naturforsch., *2 b*, 122—143, 1947. — 2. Bird, F. T.: The use of a virus disease in the biological control of the European pine sawfly, *Neodiprion sertifer* (Geoffr.). Canad. Entomologist, *85*, 437—446, 1953. — 3. Bucher, G. E.: General summary and review of utilization of disease to control insects. Proc. 10. Int. Congr. Ent. (Montreal, 1956), *4*, 695—701, 1958. — 4. Burgerjon, A.: Pulvérisation et poudrage au laboratoire par des préparations pathogènes insecticides. Ann. Epiphyties (C), *7*, 675—684, 1956. — 5. Burgerjon, A.: L'utilisation des chenilles de *Pieris brassicae* L. comme „insecte teste" de laboratoire dans un service de contrôle de préparations pathogènes insecticides. Entomophaga, *2*, 129—135, 1957. — 6. Burgerjon, A.: Titrage et définition d'une unité biologique pour les préparations de *Bacillus thuringiensis* Berliner. Entomophaga, *4*, 201—206, 1959.

7. Djadečko, N. P.: Anwendung der Muscardine im Kampf mit laubnagenden Insekten. Lesn. Choz. (2), 27, 1957 (Orig. russisch).

8. Franz, J.: Mikroben gegen Insekten. Neue Wege der biologischen Schädlingsbekämpfung. Die Umschau, *55*, 209—211, 1955.

9. Grison, P.: Quelques aspects de la lutte microbiologique contre les insectes ravageurs des cultures. Ann. Epiphyties (C), Paris, *7*, 543—562, 1956. — 10. Grison, P., & R. Silvestre de Sacy: L'élevage de *Pieris brassicae* L. pour les essais de traitements microbiologiques. Ann. Epiphyties (C), *7*, 661—674, 1956.

11. Hadley, C. H.: Milky disease for control of Japanese beetle grubs. Bureau Entom. and Plant Quarantine, USDA, EC-4, 1948. — 12. Hall, I. M., & P. H. Dunn: Fungi on spotted alfalfa aphid. Calif. Agric., *11* (2), 5, 14, 1957.

13. Krieg, A.: Untersuchungen über die Polyedrose von *Neodiprion sertifer* (Geoffr.). Arch. ges. Virusforsch., *6*, 163—174, 1955.

14. Martouret, D.: Applications diverses et normes d'utilisation de *Bacillus thuringiensis* Berliner, souche „Anduze". Entomophaga, *4*, 211—220, 1959. — 15. Müller-Kögler, E.: Eine Rickettsiose von *Tipula paludosa* Meig. durch *Rickettsiella tipulae* nov. spec. Naturwissenschaften, *45*, 248, 1958.

16. Niklas, O. F.: Untersuchungen über das Auftreten von Krankheiten und Schädigungen, insbesondere über die „Lorscher Seuche" *(Rickettsia melolonthae* Krieg) in Freiland-Populationen des Maikäfer-Engerlings *(Melolontha* spec.). Z. Pflkrankh., *63*, 81—95, 1956.

17. Steinhaus, E. A.: Insect Microbiology. Comstock Publ. Comp., Inc., Ithaca, New York, 763 pp., 1946. — 18. Steinhaus, E. A.: Principles of Insect Pathology. McGraw-Hill Book Comp., New York, Toronto, London, 757 pp., 1949. — 19. Steinhaus, E. A.: Potentialities for microbial control of insects. J. Agricultural and Food Chemistry, *4*, 676—680, 1956. — 20. Steinhaus, E. A.: New horizons in insect pathology. J. New York ent. Soc., *65*, 113—121, 1957. — 21. Steinhaus, E. A.: Microbial diseases of insects. Ann. Rev. Microbiology, *11*, 165—182, 1957. — 22. Steinhaus, E. A.: Concerning the harmlessness of insect pathogens and the standardization of microbial control products. J. econ. Ent., *50*, 715—720, 1957. — 23. Steinhaus, E. A.: On the improbability of *Bacillus thuringiensis* Berliner mutating to forms pathogenic for vertebrates. J. econ. Ent., *52*, 506—508, 1959.

23 a. Tanada, Y.: Microbial control of insect pests. Ann. Rev. Ent., *4*, 277—302, 1959. — 24. Telenga, N. A.: Die Erhöhung der Muscardinose beim Rübenrüßler mit Hilfe von Hexachloran. Compt. rend. Acad. Sci., URSS, *109*, 665—666, 1956 (Orig. russisch).

25. Weiser, J.: Protozoäre Infektionen im Kampfe gegen Insekten. Z. Pflkrankh., *63*, 625—638, 1956. — 26. Wille, H., & M. E. Martignoni: Vorläufige Mitteilung über einen neuen Krankheitstyp beim Engerling von *Melolontha vulgaris* F. Schweiz. Z. allg. Path. u. Bakt., *15*, 470—474, 1952.

β) Verwendung von insektenpathogenen Viren

αα) Typen insektenpathogener Viren

Nach dem heutigen Stand des Wissens (8, 47, 61, 62, 66) verstehen wir unter Viren besonders kleine obligate Zellparasiten, die zumeist Bakterienfilter passieren und im Lichtmikroskop nicht mehr eindeutig zu erkennen sind. Viren lassen sich also nicht auf künstlichen Nährböden züchten; sie enthalten entweder Ribonukleinsäure (RNS) oder Desoxyribonukleinsäure (DNS). Formwechsel, Gewebe- und Wirtsspezifität sowie Vermehrungsfähigkeit der Viren, die allerdings mehr auf Umsteuerung des Wirtsstoffwechsels als auf eigener Stoffwechselleistung beruht, sind Eigenschaften, die für eine organismenartige Natur der Viren sprechen.

Insektenpathogene Viren (*Arthropodophagales* KRIEG), die uns hier allein beschäftigen sollen, sind von etwa 200 Wirtsarten bekannt, vorwiegend von Lepidopteren, Hymenopteren und Dipteren (37). Sie lassen sich in einige verschiedene Typen einteilen, die in Tab. 1 in Anlehnung an KRIEG (47) zusammengestellt sind. Für praktische Zwecke am wichtigsten dürften die in der Tabelle 1 stark umrandeten Gruppen sein, deren verschiedenartig geformte Viren in widerstandsfähige Einschlußkörper eingebettet sind. Hierzu gehören die Kernpolyeder-Viren und die Kapselviren (aus der DNS-haltigen Gruppe) sowie die Zytoplasmapolyeder-Viren (aus der RNS-haltigen Gruppe). Nur diese sind im folgenden behandelt. Allgemeine Probleme werden unter Berücksichtigung der oben genannten Übersichtsberichte nur soweit erwähnt, wie sie für die zuletzt besprochene praktische Verwendung wichtig sind.

ββ) Aufbau und Vermehrung

Die Viren der hier behandelten Gruppen befinden sich zumeist im Innern von Einschlußkörpern. Als solche bezeichnet man vieleckige *(Polyeder)* oder annähernd ellipsoide, nach neuesten Untersuchungen jedoch auch leicht kantige (*Granula* oder *Kapseln*) kristalline Gebilde aus Protein. Kernpolyeder (Abb. 8 und 9) sind stark lichtbrechend und sehr verschieden geformt, z. B. bei *Galleria mellonella* annähernd kubisch, bei *Bombyx mori* mit regelmäßigem, sechseckigem Grundriß (Abb. 10). Die Form der Einschlußkörper dürfte wohl weitgehend vom Virus bestimmt werden, nicht vom Wirt (27). Größe und Zahl der Polyeder sind meist umgekehrt proportional, wobei in großen Kernen entsprechend dem größeren Vorrat an verwertbaren Proteinen größere Polyeder als in kleinen Kernen vorkommen. Meist ist die Polyedergröße je Zellkern einheitlich. Das Protein der Einschlußkörper ist in einem para-kristallinen, kubischen Raumgitter angeordnet. Diese Struktur wird von den eingebetteten Virusstäbchen nicht ge-

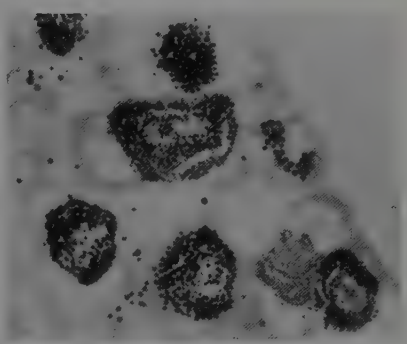


Abb. 8: Schnitt durch Fettkörperzellen einer viruskranken Raupe von *Aporia crataegi* (L.) mit zahlreichen Polyedern in den Kernen. (Lichtmikroskop, Eisenhämatoxylin; Vergr. 450×). (Aufn. R. LANGENBUCH, Biol. Bundesanst., Darmstadt)

stört; sie ist bei den bisher untersuchten Polyedern und Kapseln sehr ähnlich und äußerst regelmäßig (9, 53). Obwohl die Einschlußkörper nicht durch eine besondere Membran geschützt sind, bleiben sie sehr widerstandsfähig gegen natürliche Fäulnisvorgänge und organische Lösungsmittel. Durch Einwirkenlassen von schwachem Alkali (z. B. Na_2CO_3 in 0,006 M Konzentration für Polyeder von *Bombyx mori*) lassen sich jedoch die aus zahlreichen Aminosäuren bestehenden Polyeder auflösen (5); auch der alkalische Mitteldarmsaft und, in einigen Fällen, die Hämolymphe, vor allem der Puppen oder Vorpuppen, vermögen das Polyeder- bzw. Kapsel-Protein zu lösen. Über die ungefähre Größe und die Entstehungsorte der Kernpolyeder und der übrigen Einschlußkörper gibt Tab. 1 Auskunft. — Auch die Kapseln (Abb. 11) sind sehr stark lichtbrechend, in ihrer Größe aber einheitlicher als die Kernpolyeder. — Die Zytoplasmapolyeder, die nur im Plasma der Mitteldarmzellen entstehen, sind rundlicher geformt und lösen sich noch schlechter als Kernpolyeder. Sie sind sogar innerhalb der gleichen Zelle meist ungleich groß. Auch sie zeigen auf Dünnstschnitten eine molekulare Gitterstruktur des Proteins, in dem die Viren ohne weitere Hüllen liegen (10).

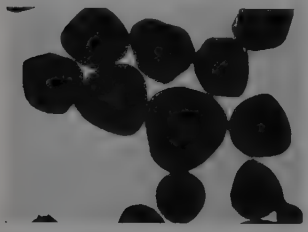


Abb. 9: Polyeder von *Aporia crataegi* (L.) im elektronenmikroskopischen Bild (9000×). (Aufn. A. KRIEG, Biol. Bundesanst., Darmstadt)

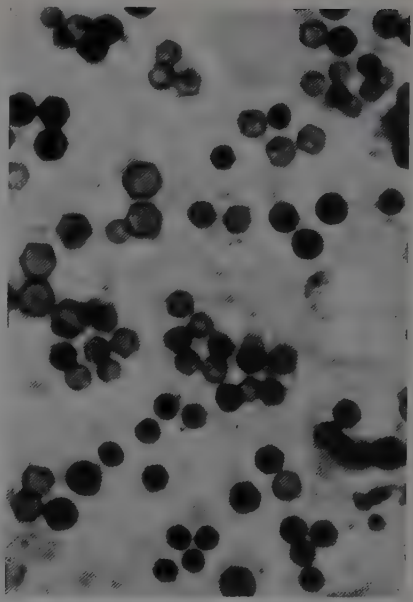


Abb. 10: Kernpolyeder des Seidenspinners (*Bombyx mori* L.): Schnitt durch den Fettkörper der Raupe (Lichtmikroskop, 1120×). (Aufn. A. HUGER, Biol. Bundesanst., Darmstadt)

Über den Bau und die Vermehrung der Viren selbst sind wir bei den im Zellkern entstehenden Nucleophiliales (Kernpolyeder und Kapseln) etwas genauer unterrichtet. Sie sind stäbchenförmig und lagern entweder einzeln zentral in den Kapseln (Abb. 12) oder einige Dutzend zusammen, maximal über 100, unregelmäßig in den Polyedern verteilt (Abb. 13 u. 14). Alle diese Virusstäbchen sind von einer äußeren („developmental") und einer inneren („intimate") Membran umgeben. Bei der häufig in Polyedern zu beobachtenden bündelförmigen Anordnung der Viren umschließt die äußere Membran das gesamte Bündel. Der eigentliche Körper (Matrix) des Virus dürfte aus 6—8 abgeflacht kugelförmigen Untereinheiten bestehen, die anscheinend mit einem zentralen Loch versehen sind (44). In Analogie zu einigen Pflanzenviren wird angenommen, daß diese Untereinheiten wie Perlen auf einem zentralen Docht aus Nukleinsäure aufgereiht sind und daß diese bei der Infektion austritt (Abb. 15). Nur die Viren und, wenn auch viel schwächer, die Nukleinsäure allein (9) sind infektiös, nicht aber das Protein der Polyeder. — Die noch weniger genau bekannten

Tabelle 1
Übersicht der wichtigsten Typen insektenpathogener Viren

Entstehungsort (Gruppenname)	Nukleinsäure des Virus	Einschlußkörper	Zahl, Form und Größe der Viren	Nachgewiesene Wirte	Gewebespezifität	Beispiele
Zellkern *(Nucleophiliales)*	Desoxyribonukleinsäure (DNS)	Polyeder *(Borrelinavirus)* 0.5—15 μ ⌀	Zahlreiche Stäbchen, manchmal in Bündeln 20—50 × 200—400 mμ	Lepidoptera	Fettkörper, Epidermis, Trachealmatrix, bei manchen Arten auch Perineurum, Gonadenkapsel, Hämozyten, Ganglienzellen, Spinndrüsen	*Bombyx mori* (L.) *Lymantria dispar* (L.)
				Hymenoptera	Mitteldarmepithel	*Neodiprion sertifer* (Geoffr.)
			mehrere Stäbchen ~ 160 mμ	Diptera	Fettkörper und Hämozyten	*Tipula paludosa* Meig.
		Kapseln oder Granula *(Bergoldiavirus)* 0.2—0.5 μ ⌀	In einer Kapsel stets nur ein Stäbchen 35—80 × 250—300 mμ	Lepidoptera (viele Familien)	Fettkörper, Epidermis, Trachealmatrix, z. T. auch Oenozyten, Hämozyten (?)	*Choristoneura murinana* (Hbn.)
				Lepidoptera (nur 1 Art)	Mitteldarmepithel	nur: *Harrisiana brillians* B. et McD.
Zytoplasma (?) (aus Zellkernmaterial)		ohne *(Pseudomoratorvirus)*	Ikosaeder od. Dodekaeder 120—130 mμ ⌀	Diptera (bei Injektion auch Vertreter anderer Ordnungen)	Fettkörper	nur: *Tipula paludosa* Meig. („TIV")
Zytoplasma *(Plasmophiliales)*	Ribonukleinsäure (RNS)	Polyeder *(Smithiavirus)*	zahlreiche Dodeka- oder Ikosaeder 25—65 mμ ⌀	Lepidoptera	Mitteldarmepithel	*Dasychira pudibunda* (L.)
		ohne *(Moratorvirus)*	sphärisch	Lepidoptera	?	nur: *Pseudaletia unipuncta* (Haw.)
			sphärisch 60 mμ ⌀	Hymenoptera	Fettkörper, Hämolymphe (?)	*Apis mellifera* L. (Sackbrut)

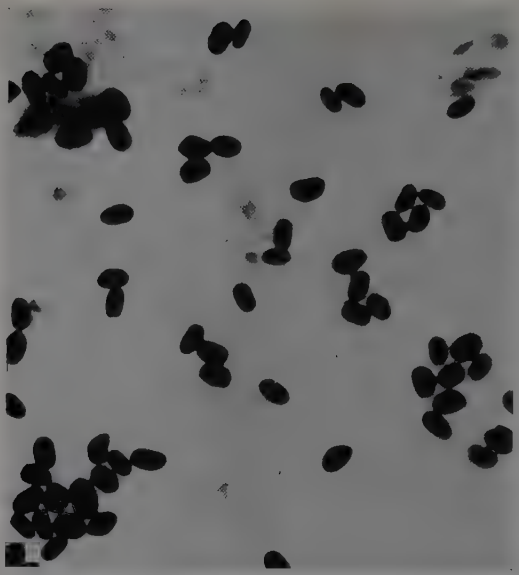


Abb. 11: Granulosis von *Choristoneura murinana* (Hb.); Kapseln im elektronenmikroskopischen Bild (14 000 ×). (Aufn. A. KRIEG, Biol. Bundesanst., Darmstadt)

zytoplasmatischen Viren sind annähernd kugelig (genau: polyederförmig mit sechseckigem Grundriß) (Ikosaeder) und lagern ebenfalls ungeordnet in den Einschlußkörpern (35, 63). Auch bei diesen Viren genügt die Nukleinsäure (hier: RNS!) zur Infektion (46). Über die physikalischen, chemischen und serologischen Eigenschaften der Einschlußkörper und der Viren berichtet ausführlich BERGOLD (8). Die zum Teil noch hypothetischen, aber praktisch doch äußerst wichtigen Vorgänge bei der Vermehrung der Nucleophiliales lassen sich als Zerfall der Stäbchen in Untereinheiten, deren durch die DNS im Chromatin des Kernes induzierte Vermehrung und erneute Assoziation zu kompletten Viren grob umreißen. Daß eine vegetative Vermehrungsphase mit nicht-infektiösen Einheiten und eine Ruhepause mit infektiösen Viren aufeinander folgen, ließ sich durch sog. Eklipseversuche zeigen. Sie beruhen im Prinzip darauf, daß man in den Geweben infizierter Wirte in bestimmten Zeitabschnitten post infectionem durch Weiterinfektion keine Viren nachweisen kann. Die Zeit vom Minimum über ein Maximum zur zweiten Depression des Infektionstiters, bei *Bombyx mori*-Larven etwa 7,5 Stunden, gilt als die Dauer einer Vermehrungsphase (26, 45, 81). Die Vermehrung dieser Gruppe der Insektenviren unterscheidet sich also grundsätzlich von derjenigen der (zelligen) Organismen, denn es treten weder Teilungen in zwei Hälften noch schrittweise Differenzierungen wie bei der Embryonalentwicklung auf. Vielmehr dürfte hier eine auch von Bakteriophagen und anderen Virusgruppen bekannte völlige Aufgabe der Individualität in der Dissoziationsphase mit darauffolgender, von der Nukleinsäure induzierter

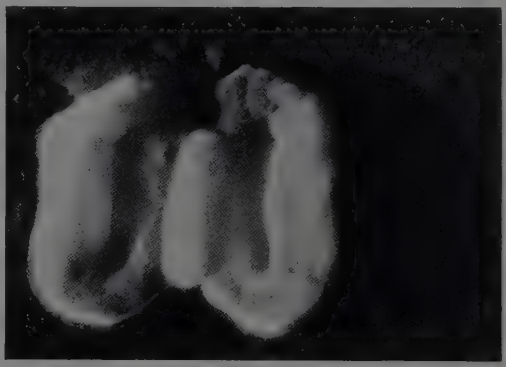


Abb. 12: Stäbchenförmiges Virus von *Choristoneura murinana* (Hb.) in geöffneter Kapsel (100 000×). (Nach BERGOLD, G.: Viruses of Insects, in: Handbuch der Virusforschung, Bd. IV. — Verlag Springer, Wien, 1956)

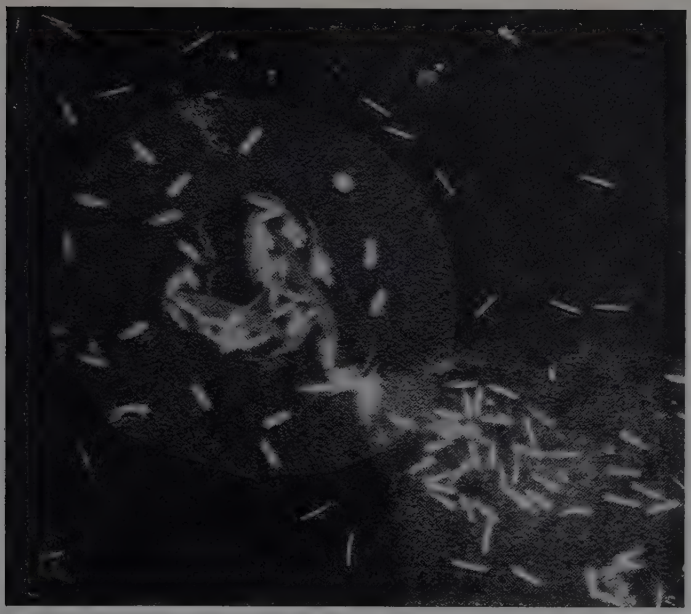


Abb. 13: Kernpolyeder einer viruskranken Raupe (*Argyrostagma niobe* [Weym.]), aus dem die Viren unter dem Einfluß schwachen Alkalis austreten (EM ~12 000×). Aus: Virus inclusions in insect cells. — Protoplasmatologia *4* (4 b), von K. M. SMITH. — Verlag Springer, Wien, 1958.)

Resynthese vorliegen. Charakteristisch ist für diese Vermehrungsvorgänge der Viren u. a., daß sie in Wellen vor sich gehen und daß die Virusstäbchen sich in der Vermehrungsphase palisadenartig an das Chromatin heften (17) (Abb. 16), vergleichbar wieder den Bakteriophagen in der Infektionsphase. — Im Lichtmikroskop läßt sich bei der Entstehung von Kernpolyedern beobachten, daß das Chromatin in hypertrophierten Kernen zu einer feulgenpositiven Netzstruktur zerfällt. In einer Ringzone um den Kernrest erscheinen die ersten Polyeder, die bis zum Verbrauch der feulgen-positiven Substanz mehr werden und wachsen. Erst dann treten die Polyeder aus dem Kern in das Plasma aus. Über die Kernveränderungen bei Granulose vgl. S. 64.

Abb. 14: Virusstäbchen nach Auflösung der Polyeder von *Aporia crataegi* (L.). (EM ~80 000×, SiO bedampft). (Aufn. A. KRIEG, Biol. Bundesanst., Darmstadt)

γγ) Spezifität, Resistenz, Toleranz

In Ergänzung zu dem im Einführungsabschnitt (3, a, aa) bereits Besprochenen sei hier noch erwähnt, daß nach den vorliegenden Untersuchungen die im Zellkern entstehenden Viren spezifisch nur auf eine oder ganz wenige Wirtsarten wirken, während die Zytoplasmaviren sehr viel unspezifischer zu sein scheinen. Diese Unterschiede zeigen sich jedoch nur, wenn der normale perorale Infektionsweg eingehalten wird. Umgeht man durch parenterale Infektion die offenbar im Darmtraktus befindliche Schranke, so können sich auch Kernpolyeder-Viren in mehreren Wirtsarten entwickeln, wobei die Verwandtschaft der Wirte untereinander eine Rolle spielt (27). Der Nachweis, daß es sich bei Kreuzinfektionen nicht um die Provokation einer latenten Infektion handelt, sondern um einen Neubefall, läßt sich nur führen, wenn die gebildeten Polyeder morphologisch deutlich von den aus dem verwendeten Wirt bereits bekannten Formen abweichen. So wichtig diese Versuche für theoretische Arbeiten sind, müssen wir sie doch für unsere Betrachtungen übergehen, da bei der praktischen Verwendung von Viren stets nur die perorale Infektion vorkommt, vielleicht später einmal ergänzt durch die Provokation latenter Virosen.

Abb. 15: Stäbchenförmiges Virus aus Kernpolyeder von *Bombyx mori* (L.). Die äußere Membran ist fast abgestreift, vorn eine „Protrusion", die wohl mit der austretenden Virus-DNS zusammenhängt (150 000×). (Nach BERGOLD, G.: Viruses of Insects, in: Handbuch der Virusforschung, Bd. IV. — Verlag Springer, Wien, 1956)

Die Frage der Spezifität ist eng verbunden mit der nach der Resistenz der Wirtsinsekten. Gegen die meisten Zellkern-Viren sind andere Wirte, wie gesagt, bei peroraler Infektion völlig unempfindlich, resistent. Einige Ausnahmen sind jedoch bekannt; so ergreift z. B. die Kernpolyedrose des Luzerneheufalters *(Colias philodice eurytheme* Bdv.) auch den

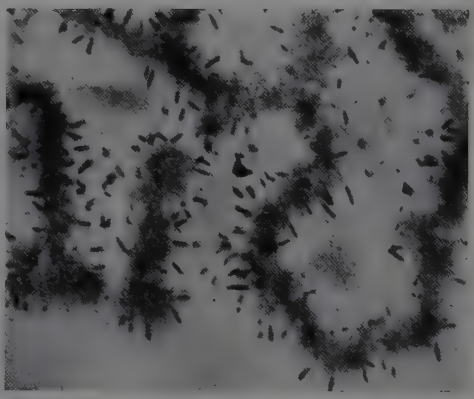


Abb. 16: Chromatin aus dem Kern einer Mitteidarm-Epithelzelle der Blattwespe *Neodiprion pratti banksianae* Roh. mit palisadenartig angehefteten freien Virusstäbchen (EM ~ 16 000×). (Nach BIRD, 1957 [17])

Rapsweißling *(Pieris rapae* [L.]) und entwickelt sich, wenn auch langsamer, in dessen Raupen (70). Über mißlungene oder mißdeutete Kreuzinfektionen berichten ausführlich neue Zusammenfassungen (8, 47). Daß die Selektion resistenter Mutanten der Wirte innerhalb übersehbarer Zeiträume äußerst unwahrscheinlich ist, war im Zusammenhang mit der Toleranzfrage bereits besprochen worden (vgl. S. 53). Ein gutes Beispiel für den Wechsel in der Toleranz (oder Empfindlichkeit) einer Art sind Infektionsversuche mit sehr hohen Polyederdosen bei *Malacosoma disstria* Hbn., die nur 10 %ige Sterblichkeit erzielten; trotzdem brach die Gradation in den folgenden Jahren unter wesentlicher Mitwirkung dieser Polyedrose zusammen, d. h. die Tiere hatten ihre Toleranz zum größten Teil verloren (7). Bekannt ist ferner die zunehmende Unempfindlichkeit älterer Larvenstadien gegen Virusinfektionen. Wenn die Metamorphose beginnt, scheint der weitere Vermehrungsvorgang der Erreger aufzuhören. Die in Tab. 1 angegebene Gewebespezifität vieler Virosen zeigt, daß auch innerhalb eines Wirtes manche Gewebe resistent bleiben, sich also für die Vermehrung bestimmter Viren nicht eignen (Abb. 17). Es gibt dagegen mehrere Beispiele für das Auftreten von verschiedenen Viruskrankheiten in einem Wirtstier, z. B. Kernpolyedrose, Plasmapolyedrose und Granulose im amerikanischen Tannentriebwickler *Choristoneura fumiferana* (Clem.) oder Kern- und Plasmapolyedrose im Pinienprozessionsspinner *Thaumetopoea pityocampa* (Schiff.). (Übersicht bei 67, 76).

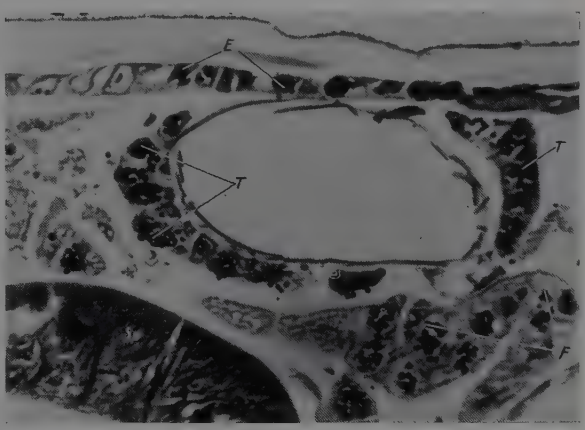


Abb. 17: Übersichtsbild vom Befall verschiedener Gewebe einer Seidenspinner-Raupe *(Bombyx mori* [L.]) durch eine Kernpolyeder-Virose. Sichtbar sind Polyedernester in den Kernen von Zellen der Epidermis (E), der Tracheenmatrix (T) und des Fettkörpers (F). Die Spinndrüsen (Sp) sind nicht befallen. (Aufn. A. HUGER, Biol. Bundesanstalt, Darmstadt)

δδ) Diagnose

Auch in diesem Abschnitt seien nur einige technische Einzelheiten dem zugefügt, was oben (S. 41) bereits allgemein über die Diagnose von Insekenkrankheiten und speziell über die von Virosen gesagt worden war. Zur eindeutigen Erkennung von Viruskrankheiten bei Insekten gehören außer der Erfüllung der genannten modifizierten Koch'schen Postulate vor allem *elektronenmikroskopische Abbildungen* der Viren selbst (41, 43). Die durch Putrifikation und fraktionierte Zentrifugierung gewonnenen und gereinigten Einschlußkörper lassen sich, wie oben angegeben, in schwachem Alkali auflösen (Einzelheiten bei 8). Gebilde von polyeder- bzw. kapselähnlichem Aussehen, die im Lichtmikroskop nur schwer von echten Einschlußkörpern zu unterscheiden sind und z. B. Stoffwechselendprodukte (Urate) darstellen können, finden sich in vielen älteren Lepidopteren-Raupen und -Puppen. Sie

verdampfen unter intensiver Elektronenbestrahlung, während Polyeder und Kapseln undurchstrahlbar und beständig bleiben.

Für eine *lichtmikroskopische Diagnose* lassen sich bei den uns hier interessierenden Virosen folgende Fingerzeige geben: a) Die histopathologische Untersuchung von noch vor ihrem Tode fixierten Tieren zeigt durch die in Tab. 1 angegebene Gewebespezifität der Lage der Einschlußkörper (Polyeder) und der Zellkernveränderungen (Granula), um welche Virose es sich handeln kann. — b) Nach Säure- oder Laugenbeizung färben sich alle Kernpolyeder in Schnitten gut mit Eisenhämatoxylin (Heidenhain) (21, 48) oder mit Löfflers Methylenblau und van Giesons Pikro-Fuchsin (28). Ähnlich geformte Stoffwechselkristalle (Albuminoide) färben sich auch ohne Beizung. — c) Plasma-Polyeder lassen sich mit Giemsa im Gegensatz zu Kernpolyedern gut anfärben (61). Für Kapseln ist noch keine spezifische Färbung bekannt; die Veränderung der Zellkerne ist aber bei Granulosen sehr typisch. Dabei degenerieren die hypertrophierten Kerne der empfindlichen Gewebe, vor allem der Fettzellen (schollenartige Chromatinpyknosen, feulgen-positive Schwaden), die Nucleolen verschwinden, und es folgt ein Stadium, in dem die Kernregion vom Plasma färberisch kaum mehr zu unterscheiden ist (80). Im Endstadium erscheint ein gut färbbares, zuerst feulgenpositives Fadenwerk (36 a). — d) Im *ungefärbten Ausstrich*, vor allem bei Dunkelfeldbeobachtung, leuchten die Konturen der Polyeder und die Kapseln hell auf. — e) Die Unterscheidung von Gebilden wie Fett-Tropfen, Lipoidkristallen, Proteinkörpern, Uraten u. a. Kristallen, die sich durch Größe und Form kaum von echten Einschlußkörpern abtrennen lassen, gelingt im Ausstrichpräparat nur nach sorgfältiger Anwendung von besonderen chemischen und physikalischen Verfahren (43). Ferner sind Kapseln und Rickettsien lichtmikroskopisch oft nur schwierig zu unterscheiden. — Abschließend sei nochmals betont, daß zur Diagnose einer Viruskrankheit die Darstellung der Einschlußkörper allein nicht genügt.

εε) Massenproduktion und künstliche Verbreitung

Da Viren sich nur in lebenden Zellen vermehren, kommen für ihre Massenerzeugung nur Gewebekulturen oder lebende Tiere in Frage. Solange die ersteren zwar möglich (2, 31), aber noch nicht praxisreif sind, wird man sich also mit der künstlichen Infektion von lebenden Wirtsinsekten oder dem Sammeln von Kadavern begnügen müssen, die einer natürlichen Seuche erlegen sind. Beide Verfahren benötigen keinen hohen Arbeitsaufwand. In allen Fällen praktischer Verwendung von Virosen hat man die bei den ersten Versuchen gesammelten Kadaver für die folgenden Anwendungen benutzt. Bei *Neodiprion sertifer* betrug die Ausbeute bei einem Käfigversuch etwa das 3300fache der zur Infektion verwendeten Polyedermenge, wobei eine erwachsene Larve mindestens 10^8 Polyeder enthielt (42). Eine 250 000fache Vermehrung der Polyeder ließ sich durch ihre Injektion in lebende Seidenspinner-Puppen *(Bombyx mori)* erzielen, was allerdings auch mehr Arbeit macht als die reine Futterinfektion (75). — Eine praxisnahe Virusvermehrung wird aus Kalifornien berichtet, wo Farmer nach dem Ausbruch einer Virusseuche beim Luzerneheufalters *(Colias philodice eurytheme)* die Kadaver mit einem Schaufelvorsatz am Traktor sammeln, in einem mit Wasser halbgefüllten Behälter aufbewahren und die abgesetzten Polyeder im folgenden Jahr zur künstlichen Infektion verwenden. Mit zunehmender Kenntnis von der Spezifität der Viren wird es bei den weniger wirtsgebundenen Typen, vor allem den Plasmapolyedern, möglich sein, die benötigte Virusmenge in Ersatzwirten zu züchten, wenn diese leichter erreichbar sind als die eigentlich zu bekämpfenden Schädlinge.

Bei der künstlichen Verbreitung von Virosen bedient man sich durchweg der gegen Außeneinflüsse sehr widerstandsfähigen Einschlußkörper. Sie kann man am einfachsten aus virustoten Insekten dadurch gewinnen, daß man die (zerkleinerten) Kadaver mit Wasser in ein offenes Gefäß füllt und bei Zimmerwärme ausfaulen

läßt. Die Einschlußkörper setzen sich dann als weißliche Schicht am Boden des Gefäßes ab. Während bei Versuchen zwecks genauer Dosierung mit sauberen Suspensionen der Polyeder bzw. Kapseln gearbeitet werden muß, genügt es für die Praxis, wenn man den groben Überstand abschüttet und zum Rest entsprechend der benötigten Verdünnung Wasser zugibt. Einschlußkörper sind ohne Verlust der Virusinfektiosität bei Aufbewahrung im Eisschrank mindestens 15 Jahre haltbar (Beispiele bei 8).

Für die Feldversuche gegen Hymenopteren- und Lepidopterenlarven haben sich zumeist wäßrige Suspensionen der Einschlußkörper in einer Konzentration von 10^5 bis 10^7, gelegentlich auch 10^8 je cm^3 Wasser bewährt. Die Verdünnung läßt sich durch Auszählen in einer besonders flachen Blutzählkammer (Petrov-Hauser-Kammer) einstellen. Die Suspensionen können, wie Erfahrungen in Kanada (14) und Frankreich (51) zeigen, mit den üblichen Bodengeräten oder vom Flugzeug aus versprüht werden. Die gebräuchlichen Aufwandmengen liegen hierbei zwischen 50 und 1500 l/ha, je nach Tröpfchengröße und Oberfläche der Fraßpflanzen. Zur besseren Haftung gibt man dabei Netz- oder Haftmittel zu (Konzentration 0.1—1 %), die, wie z. B. Trockenmilch, Methylzellulose, „Span 80" u. a., die Infektiosität der Viren nicht beeinträchtigen (19 a). Da von der künstlichen Ausbringung der Erreger bis zum Absterben des größten Teiles der Population nach den bisher vorliegenden positiven Erfahrungen je nach Virusart und Temperatur 5—10 Tage vergehen, kann es notwendig werden, wenn Fraßschäden vermieden werden sollen, bereits die jungen Larvenstadien zu infizieren. Sorgfältige Prognose und Überwachung des Schädlingsauftretens sind also unerläßlich. — Durch Verfrachten der Waldbodenstreu, in der sich nachweislich Polyeder befanden, aus Waldbeständen mit Epizootien in solche mit angeblich gesunden Schädlingsbevölkerungen, ließen sich keine eindeutigen Erfolge bei Nonne (*Lymantria monacha*) (40, 58) und Schwammspinner (*Lymantria dispar)* erzielen (29). Dagegen war es möglich, durch Besprühen von Kiefernnadeln noch zur Eizeit von *Neodiprion sertifer* soviele Erreger auszubringen, daß sich die später schlüpfenden Junglarven infizierten und eingingen (25). Der Beitrag anderer Biozönoseglieder zu der Ausbreitung der Seuche war schon erwähnt worden (S. 47).

ζζ) Beispiele für die praktische Nutzung

Unter Verzicht auf die Nennung älterer mißlungener oder nur unzureichend kontrollierter Versuche sollen hier die wichtigsten Beispiele für praktische Verwendung von Insektenvirosen[1]) im Freiland genannt werden. Eine vollständige Übersicht gibt Krieg (47). Ob es sich um die künstliche Verbreitung einer in dem betreffenden Gebiet bereits vorhandenen Virose oder um eine nachträglich importierte Seuche handelt, wird bei den einzelnen Besprechungen angeführt.

(I) Kernpolyedrosen der Lepidopteren

Die meisten praktischen Freilandversuche beziehen sich auf diese Gruppe.

Hyphantria cunea (Drury). Eine in der Heimat (Nordamerika) fehlende, aber im neuen Einschleppungsgebiet (Europa) des Weißen Bärenspinners spontan aufgetretene Kernpolyedrose wurde in kleinem Freilandversuch in Ungarn verbreitet. 50 %ige Reduktion bei 2,7—4,8 $\times 10^4$ Polyedern/cm^3 in der Spritzbrühe, jüngere Raupen besonders empfindlich (69).

[1]) Da neuerdings auch eine Virose der Citrusmilbe (*Metatetranchyus citri* [McG.]) und der „Roten Spinne" (*Metatetranychus ulmi* Koch) wahrscheinlich gemacht werden konnte, dürfte auch gegen Milben eine praktische Verwendung von Viren möglich werden; dabei wird man als Sammelname „Arthropodenvirosen" zu gebrauchen haben (64, 67 a).

Thaumetopoea pityocampa (Schiff.). Verwendung von Kernpolyedern nur mit Zytoplasmapolyedern gemischt; s. dort (S. 69).

Malacosoma fragile (Stretch). Enzootische Kernpolyedrose des „Great Basin tent caterpillar", eines Schädlings an *Purshia tridentata* D. C. („bitter brush"), wurde in Kalifornien mehrfach in Feldversuchen erprobt. Ergebnisse bei Konzentrationen der wäßrigen Suspension von $4{,}6 \times 10^5$ bis 13×10^6 Polyedern/cm³ gut, Versprühung vom Boden aus anscheinend günstiger als vom Flugzeug (3,7—7,1 gal./acre). 1955 mißlangen Infektionsversuche nach weiterer Reduktion der Aufwandmenge vom Flugzeug aus auf 2 gal./acre (Konzentration: 5×10^5 Polyeder/cm³) bei ungünstiger Witterung (19, 20).

Trichoplusia ni (Hbn.). Enzootische Kernpolyedrose des „alfalfa looper". Freilandversuche in Kalifornien mit Polyedersuspensionen von 10^7, oder 5 bzw. 1×10^6/cm³, Aufwandmenge 12 gal./acre, Salat ein- oder zweimal besprüht. Höchste Dosierung brachte 100 % Mortalität, zwei Anwendungen einer Konzentration waren wirksamer als eine und mindestens so wirksam wie eine Anwendung der nächsthöheren Konzentration (34). Feldversuche im Staate New York an Blumenkohl mit einer Konzentration von 0.94 virustoten L_5 (etwa 6×10^4 Polyeder/cm³) und darüber in der Aufwandmenge von 30 gal./acre auf dieser Fläche ergaben zwischen 68 und 98 % Sterblichkeit unter den behandelten Raupen (Netz- und Haftmittel) (52).

Prodenia litura (Fabr.). Enzootische und epizootische Kernpolyedrose des Ägyptischen Baumwollwurmes. Freilandversuche in Ägypten mit wäßriger Suspension virustoter Raupen (Polyederkonzentration nicht angegeben) bewirkte eine starke Mortalität der jungen Raupen in behandelten Feldern (1).

Colias philodice eurytheme Bdv. Enzootische, häufig auch epizootische Kernpolyedrose des Luzerneweißlings („alfalfa caterpillar"), die im westl. Nordamerika seit 50 Jahren bekannt ist. Erste Infektionsversuche 1948 (65), seitdem mehrfache Verbesserung der Technik, so daß heute die künstliche Erzeugung der Virose, teilweise zusammen mit einer Bakteriose (73), bei vielen Farmern in Kalifornien praktisch eingeführt ist (68, 72, 74). Konzentration der wäßrigen Suspension 5×10^6 bis 10^7 Polyeder/cm³, ausreichend bei einer Aufwandmenge von 5 gal./acre. Ausbringung gewöhnlich durch Flugzeuge. Raupen hören erst nach 4—6 Tagen auf zu fressen, so daß genaue Überwachung und rechtzeitiges Versprühen der Suspension notwendig ist, wenn Fraßschäden vermieden werden sollen. Je höher die Populationsdichte, um so früher muß infiziert werden (z. B. bei > 200 Raupen je 2 Käscherschläge schon vor dem oder im 1. Stadium). Bei geringerer Dichte kann abgewartet werden, ob die Braconide *Apanteles medicaginis* Mues. allein mit dem Schädling fertig wird, was aber erst an den L_3 zu sehen ist. Annähernd 100 %ige Sterblichkeit ist zumeist erreichbar (Abb. 18). Infektionsmaterial billig durch Käschern von Raupen oder Aufschaufeln mit

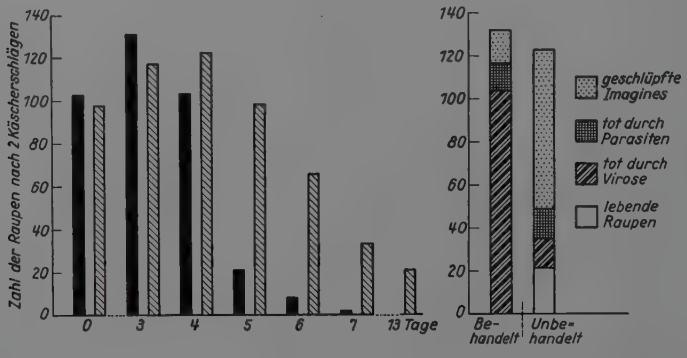


Abb. 18: Raupenpopulation von *Colias philodice eurytheme* Boisd. nach der künstlichen Verbreitung einer Kernpolyedrose. Links: Abnahme der Population auf behandelten (schwarz) und unbehandelten (schräg schraffiert) Feldern in 13 Tagen. Rechts: Zusammensetzung der Population nach dieser Zeit. (Verändert nach C. G. THOMPSON [72])

Traktor 1 Tag vor dem Absterben (6—7 Tage nach der Infektion) zu beschaffen. (Beisp.: Verbrauch für eine Versprühung 0,24 l Polyeder-Stammsuspension, danach Material für 26,5 l in 4 Std. gesammelt) (74). Die genannte Braconide trägt zur Ausbreitung der Krankheit bei.

Kotochalia (Acanthopsyche) junodi (Heyl.). Enzootische Kernpolyedrose des „wattle bagworm" in Südafrika. Epizootische Wellen zusammen mit anderen Feindarten pflegen die alle 6—8 Jahre auftretenden Gradationen dieser an Schwarzakazie (*Acacia mollisima* Willd.) schädlichen Psychide zu beenden. Versuche zeigten, daß bei Konzentrationen von über 10^7 Polyedern je cm^3 Wasser die Wirkung nicht mehr besser wurde. Frisch geschlüpfte Raupen starben nach rund 6 Tagen (4 Fraß-Tagen), ältere Raupen langsamer. Versprühen der infektiösen Suspensionen ohne Haftmittel sogar einige Monate vor dem Raupenschlüpfen hat sich bewährt, wobei Regenfälle den Erfolg nicht minderten. Polyedermaterial von entfernten Gradationen schien bessere Wirkung zu haben als das der gleichen Örtlichkeit (56). Die durch künstliche Infektionen im Freilandversuch erzielte Gesamtsterblichkeit der Raupen betrug 87—89 % (55). Chemische Bekämpfung mit Toxaphen und Endrin verzögerte den natürlichen Zusammenbruch (57).

(II) Kernpolyedrosen der Hymenopteren

Neodiprion sertifer (Geoffr.). Eine seit 1913 (23) bekannte Kernpolyedrose der an Kiefernjungwuchs schädlichen Rotgelben Kiefernbuschhornblattwespe tritt im paläarktischen Verbreitungsgebiet offenbar überall als entscheidender Mortalitätsfaktor beim Zusammenbruch nach mehrjährigen Gradationen auf (54). Erste Verwendung zur biologischen Bekämpfung seit 1950 durch Bird (13) mit aus Schweden importierten Polyedern gegen die in Ostkanada und den USA etwa 3 Jahrzehnte vorher eingeschleppten und bis dahin virusfrei gebliebenen Populationen. Durch Großgeräte oder Flugzeug ausgebrachte wäßrige Suspensionen in der Aufwandmenge von z. T. nur ca. 4 l/ha (3 gal./7 acres) zeigten bei Konzentrationen zwischen 2 und 5×10^6 Polyedern/cm^3 in Südontario (Kanada) (14, 16), später auch mit dem gleichen Material in den Oststaaten der USA (22, 60), beste Erfolge. Nicht nur die aktiv fressenden Larven wurden hierdurch zu 90—100 % in 10 bis 18 Tagen vernichtet, sondern die importierte Seuche ließ sich dauerhaft ansiedeln, so daß jetzt epizootische Wellen regelmäßig bei erhöhter Populationsdichte auftreten. In weiten Gebieten Nordamerikas hat daher *N. sertifer* den Status eines endemischen Schädlings erreicht und die gelegentlich notwendigen Bekämpfungsmaßnahmen, vor allem in den neu besiedelten Zonen, beruhen jetzt zumeist auf der Virusverbreitung. Allerdings darf bei der ersten Anwendung in bisher virusfreiem Gebiet nicht zu hoch dosiert werden, damit einige subletal infizierte Tiere überleben und die Krankheit im latenten Zustand auf die nächste Generation übertragen können. Infektiöse Suspensionen und Reste toter Larven sind nach 1 Jahr von den Zweigen verschwunden. Die Zugabe von Haftmitteln (z. B. 1 lb. Magermilchpulver auf 22 gal. Spritzbrühe) wird empfohlen. Infektiöses Material zur Polyedergewinnung ist durch Sammeln der Kadaver billig zu beschaffen.

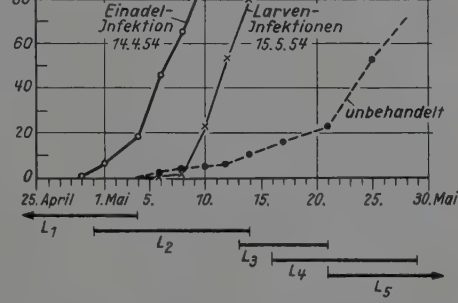


Abb. 19: Larvensterblichkeit von *Neodiprion sertifer* (Geoffr.) nach künstlicher Virusinfektion im Freiland.
O——O = Sterblichkeit nach Infektion der Einadeln kurz vor dem Larvenschlüpfen (14. 4.), mit 10^6 Polyedern/ccm H_2O mit wenig Trockenmilch. ×——× = Sterblichkeit nach Infektion der Zweitlarven (L_2) am 5. 5.; Mittel aus zwei sehr ähnlich verlaufenden Versuchen mit 10^5 bzw. 10^6 Polyedern/ccm. •- - - • = Verminderung der Individuenzahl in unbehandelten Vergleichsfamilien, verursacht durch Sterblichkeit und — bei älteren Larven — durch Fallenlassen. — Alle Zahlen sind Prozente beobachteter Ausgangswerte. n = 10 100. Darunter: Andauer der einzelnen Larvenstadien. (Nach FRANZ, 1956 [24])

Infektionsversuche in Deutschland zeigten, daß die gleiche Dosierung der Polyeder (10^5 bzw. 10^6/cm³) auch im Herkunftsgebiet der Schädlinge ebenso gut wirkt wie in Nordamerika, obwohl in Europa ständig verseuchte Populationen vorkommen (Abb. 19). Dies spricht gegen die Ausbildung abgeschwächter Virusstämme bzw. tolerierender Wirtsrassen bei dieser Art (24, 25). Räuberische Feinde und Aasbesucher beteiligen sich an der Verbreitung der Erreger (vgl. S. 47).

Diprion hercyniae (Htg.). Eine mehrere Jahrzehnte nach der Einschleppung dieser europäischen Fichtenblattwespe nach Nordamerika dorthin wohl zufällig mit Parasitensendungen nachimportierte Kernpolyedrose trat seit 1937 in den Neu-England-Staaten der USA und seit 1938 im östlichen Kanada auf. Ihre Verbreitung wurde durch Versprühen wäßriger Suspensionen der Kadaver virustoter Larven beschleunigt; in manchen Landesteilen, wie in Neufundland, wurde sie erst künstlich eingebracht. Hierdurch gelang es, die Virose in kürzester Zeit über das gesamte Wohngebiet der Art in Nordamerika zu verbreiten. Zusätzlich vorher importierte Parasiten zusammen mit der Virose verwandelten den bis dahin wichtigsten Fichtenschädling Nordostamerikas in ein wirtschaftlich unbedeutendes Glied der Biozönose. Der im Herkunftsgebiet übliche Status ist damit seit 20 Jahren wieder erreicht (4, 15, 18) (vgl. S. 45). Die verstreute Ablage der oft latent infizierten Einzeleier begünstigt die Ausbreitung der Seuche auch bei niederer Populationsdichte (16); offenbar sind auch Schlupfwespen daran beteiligt. Neuerdings wird ein gewisser Rückgang der Erregerwirkung vermutet (18).

(III) Granulosen der Lepidopteren

Hyphantria cunea (Drury). Eine wohl enzootische Kapselvirose des aus Nordamerika eingeschleppten Weißen Bärenspinners führte erstmalig 1957 in Kroatien zu einer Epizootie (59). 1958 waren bereits viele Befallsherde in der Tschechoslowakei verseucht (79). Versuche zur künstlichen Verbreitung in Jugoslawien und der ČSR führten zu weiteren Seuchenausbrüchen. (Einzelheiten sind noch nicht veröffentlicht.)

Pseudalethia (Cirphis) unipuncta (Haw.). Bei Vorversuchen zur Erprobung praktischer Anwendbarkeit der Granulose dieser auf Hawaii schädlichen Noctuide zeigte es sich, daß durch Kombination mit einer spezifischen Polyedrose sogar bei den älteren Raupenstadien 80% Sterblichkeit zu erreichen ist (Infektionen der beiden Virosen einzeln erzielen nur 20% (71).

Pieris brassicae (L.). Eine schon länger aus mehreren Ländern Europas bekannte enzootische Granulose des Kohlweißlings wurde in Südfrankreich seit 1955 mehrfach zur künstlichen Infektion verwendet. Konzentrationen von 2 (11) bzw. 0,4 (3) granulosetoten Raupen je 1 l Spritzflüssigkeit (etwa 10^6 bzw. 2×10^5 Kapseln/cm³), dazu 3 ‰ bzw. 2 ‰ Netzmittel vom Typ Alkylphenol. Aufwandmenge bei Verwendung rückentragbarer Sprühgeräte 18 l/a. Ergebnis: 80—100 %ige Mortalität 3—4 Wochen nach der Infektion von L_3 und L_4. Die von infizierten, aber nicht verendeten Tieren abgelegten Eier führten zu einer neuen Generation mit hoher Anfangsverseuchung durch Granulose, woraus germinative Weitergabe und Dauerwirkung der Erreger gefolgert werden kann.

Pieris rapae (L.). Diese Granulose des Rapsweißlings (wahrscheinlich identisch mit der von *P. brassicae)* tritt in der Alten und Neuen Welt enzootisch, gelegentlich auch epizootisch auf. Praktische Verwendung erstmalig 1953 auf Hawaii (71); Konzentration: 2—8 virustote Raupen (L_5)/gal., dazu Triton B—1956 als Netzmittel (1,3 ‰). Bereits mit niedrigster Konzentration (2 Raupen) nach 4—10 Tagen hohe Mortalität, vor allem nach Infektion von Jungraupen. Bakterien sind wegen schnellerer Wirkung jedoch überlegen (vgl. S. 85). Neuerdings wurde die Granulose auch in Neuseeland erfolgreich verwendet (38, 39).

Zeiraphera griseana (Hbn.). Die künstliche Verbreitung einer Suspension von Viruskapseln (Konz. 18×10^7/cm³) konnte beim Lärchenwickler in der Schweiz keine nachweislich erhöhte Sterblichkeit auslösen, obwohl diese Granulose regelmäßig zu den wichtigsten Begrenzungsfaktoren bei Gradationen gehört (49).

Argyrotaenia velutinana (Wlk.). Dieser seit Einführung von DDT-Spritzungen an Äpfeln schädliche Wickler hat eine Granulose, die in manchen Staaten der USA (Virginia, südl. Indiana) stärker zur natürlichen Mortalität beiträgt als weiter nördlich. Im Staate New York durchgeführte Feldversuche (30) zeigten, daß das Versprühen von Suspensionen mit 100, 50

oder 5 granulosetoten Larven je 100 gal. zu einem Rückgang der Fraßschäden an den Früchten führte und daß die Tiere vor dem Ende der Puppenzeit abstarben, bei der schwächsten Konzentration zum größten Teil, bei den stärkeren zu 100 %. Die Infektion wirkt aber so langsam, daß Schäden nicht hinreichend verhindert werden, wenn man die Konzentration nicht stark erhöht. Im Laboratoriumsversuch erwies sich noch eine Verdünnung von einer erwachsenen granulosetoten Raupe auf 512 l als infektiös. Mischung der Kapselsuspension mit üblichen Fungiziden, wie Schwefel, Ferbam oder Captan, minderte nicht den Erfolg, wohl aber Glyodin. An der Vervollkommnung der Methode wird noch gearbeitet.

(IV) Plasmapolyedrosen der Lepidopteren

Diese Virosen sind nach den bisherigen Erfahrungen weniger spezifisch als die zuvor besprochenen. Ihre Erprobung im Feldversuch ist jedoch erst bei einer Art weiter fortgeschritten.

Euproctis chrysorrhoea (L.). Infektionsversuche an Goldafter in Obstanlagen der Tschechoslowakei; wäßrige Suspensionen von 2×10^7 Polyedern/cm³, 1—3 l je Baum. 3—4 Tage nach Behandlung hörte der Fraß auf, 10—20 Tage danach starben die meisten Raupen (78). Virose wohl identisch mit der aus *Lymantria dispar* (77) und vielleicht mit der aus *L. monacha* beschriebenen (36).

Thaumetopoea pityocampa (Schiff.). Kern- und Zytoplasmapolyedrose beim Pinienprozessionsspinner in Frankreich und Marokko enzootisch, gelegentlich epizootisch. In mehreren Feldversuchen am Mont Ventoux (bei Avignon) wurde zuerst (1954—56) eine Mischung beider Polyederarten verwendet. Da sich in der Infektion die Plasmapolyedrose durchsetzte, konzentrierte sich die weitere Arbeit (ab 1957) auf diese Krankheit. Mischinfektionen: Wäßrige Suspension mit 10^5 bzw. $4{,}2\times10^5$ Polyedern je cm³, versprüht mit Rückenspritze (12) und fahrbarem Atomisator (51) gegen L_{2-3}. Bei dem zweiten, größeren Versuch wurde ein Netzmittel vom Typ der Alkyl-Phenole (2 ‰) zugegeben, die Aufwandmenge betrug 1 l je 30 qm. Stets erlag ein erheblicher Teil der Raupen noch im 3. Stadium der Seuche; Rest im zweiten Versuch zu 50 % schwer verseucht, baute anomale Winternester. Im unbehandelten Gebiet nur bei 1 % schwache Polyedrose. — 1957 und 1958 Fortsetzung der Versuche mit Zytoplasmapolyedern, z. T. mittels Hubschrauber. Die Dosis betrug 1957 ca. 12 bzw. 24×10^6 Polyeder/cm³ oder 2600 bzw. 5200 erwachsene virustote Raupen suspendiert in Wasser je ha, dazu 2 ‰ Netzmittel. Die Aufwandmenge war 1000 bzw. 1500 l/ha. Notwendiges Polyedermaterial beschafft durch große Laboratoriumszuchten der Raupen. Nach peroraler Infektion mit Erregern aus 2000 L_3 wurden rund 170 000 Kadaver von L_5 geerntet (etwa 200fache Vermehrung der Erreger) (50). In den mit konzentrierterer Suspension behandelten Zonen starben die Raupen schneller, zum Teil noch im 2. Stadium, also dem der Infektion. Auch bei geringerer Dosis war eine bemerkenswerte Sterblichkeit vorhanden. Im Oktober 1958 erstmalig Ausbringung eines staubförmigen Präparates vom Hubschrauber aus auf 320 ha am Mont Ventoux. 72 l einer konzentrierten Suspension mit 3×10^9 Zytoplasmapolyedern/cm³ wurden mit 9,2 t Betonit vermischt, so daß bei der Ausbringung etwa 12×10^{11} Polyeder auf den Hektar trafen. Ende Februar 1959 waren auf den behandelten Flächen etwa 96 % der Raupen abgestorben oder infiziert, im Vergleich zu etwa 12 % im unbehandelten Gebiet. Die Haftfähigkeit dieses Präparates war also trotz einiger Regenfälle bald nach der Applikation gut. Der erwartete Nachweis einer Dauerwirkung durch Eiübertragung des Erregers steht bevor (33).

Literatur zu 3, a, cc, β

1. Abul-Nasr, S.: Further tests on the use of a polyhedrosis virus on the control of the cotton leafworm *Prodenia litura* Fabricius. J. Insect Path. *1*, 112—120, 1959. — **2.** Aizawa, K., & C. Vago: Sur l'infection à borrelinavirus en culture de tissus d'insectes. Ann. Inst. Pasteur, Paris *96*, 455—460, 1959. — **3.** Anonymus: (Unpublizierter Bericht über die Versuche in La Crau [Var], Nov. 1956).

4. Balch, R. E., & F. T. Bird: A disease of the European spruce sawfly, *Gilpinia hercyniae* (Htg.), and its place in natural control.-Sci. Agric., Ottawa, *25* (2), 65—80, 1944. **5.** Bergold, G. H.: Die Isolierung des Polyedervirus und die Natur der Polyeder. Z. Naturforsch., *2 b*, 122—142, 1947. — **6.** Bergold, G. H.: The multiplication of insect viruses as

organisms. Canad. J. Res. E, *28*, 5—11, 1950. — **7.** Bergold, G. H.: Notes on polyhedral disease of forest tent caterpillar *Malacosoma disstria*. Canad. Sci. Serv., Div. For. Biol., Bi-monthly Progr. Rept. *7* (4), 1—2, 1951. — **8.** Bergold, G. H.: Viruses of Insects. Handb. Virusforschg., *4* (3. Ergänzungsbd.), 60—142, 1958, Springer-Verlag, Wien. — **9.** Bergold, G. H.: Structure and chemistry of insect viruses. Proc. 4. Int. Congr. Biochem. (Vienna 1958), 7 (Sympos. VII), 95—98, 1959. — **10.** Bergold, G., & J. Suter: On the structure of cytoplasmic polyhedra of some Lepidoptera. J. Insect. Path., *1*, 1—14, 1959. — **11.** Biliotti, E., P. Grison & D. Martouret: L'utilisation d'une maladie à virus comme méthode de lutte biologique contre *Pieris brassicae* L. Entomophaga, *1*, 35—44, 1956. — **12.** Biliotti, E., P. Grison & C. Vago: Essai d'utilisation des polyèdres isolés de la processionaire du pin, comme méthode de lutte biologique contre cet insecte. Compt. rend. Acad. Sci., Paris, *243*, 206—208, 1956. — **13.** Bird, F. T.: The dissemination and propagation of a virus disease affecting the European pine sawfly, *Neodiprion sertifer* (Geoffr.). Canad. Sci. Serv., Div. For. Biol., Bi-monthly Progr. Rept. *6* (5), 2—3, 1950. — **14.** Bird, F. T.: The use of a virus disease in the biological control of the European pine sawfly, *Neodiprion sertifer* (Geoffr.). Canad. Entomologist, *85*, 437—446, 1953. — **15.** Bird, F. T.: The use of a virus disease in the biological control of the European spruce sawfly, *Diprion hercyniae* (Htg.). Canad. Sci. Serv., Div. For. Biol., Bi-monthly Progr. Rept., *10* (1), 2—3, 1954. — **16.** Bird, F. T.: Virus diseases of sawflies. Canad. Entomologist, *87*, 124—127, 1955. — **17.** Bird, F. T.: On the development of insect viruses. Virology, *3*, 237—242, 1957. — **18.** Bird, F. T., & D. E. Elgee: A virus disease and introduced parasites as factors controlling the European spruce sawfly, *Diprion hercyniae* (Htg.), in central New Brunswick. Canad. Entomologist, *89*, 371—378, 1957.

19. Clark, E. C., & C. E. Reiner: The possible use of a polyhedrosis virus in the control of the great basin tent caterpillar. J. econ. Ent., *49*, 653—659, 1956. — **19 a.** Clark, E. C., & C. E. Reiner: The availability of certain proprietary adjuvants for use with the polyhedrosis viruses on insects. J. econ. Ent., *49*, 703—704, 1956. — **20.** Clark, E. C., & C. G. Thompson: The possible use of microorganisms in the control of the great basin tent caterpillar. J. econ. Ent., *47*, 268—272, 1954. — **21.** Conte, A., & D. Levrat: Les maladies du ver à soie. I. La grasserie. Trav. Lab. étude soie Lyon, *13*, 41—60, 1909.

22. Dowden, P. B., & H. B. Girth: Use of a virus disease to control European pine sawfly. J. econ. Ent., *43*, 525—526, 1953.

23. Escherich, K.: Neues über Polyederkrankheiten. Naturw. Z. Land-, Forstw. *11*, 86 ff., 1913.

24. Franz, J.: Die künstliche Verbreitung von Virosen einiger Blattwespen *(Diprionidae)* innerhalb und außerhalb ihres Endemiegebietes. Verh. Dtsch. Zool. Ges. (Erlangen, 1955), 407—412, 1956. — **25.** Franz, J., & O. F. Niklas: Feldversuche zur Bekämpfung der Roten Kiefernbuschhornblattwespe (*Neodiprion sertifer* [Geoffr.]) durch künstliche Verbreitung einer Virusseuche. Nachrbl. dtsch. Pflschutzd. Braunschweig, *6*, 131—134, 1954.

26. Geršenson, S. M.: On initial stages of development of the polyhedral disease of insects. Microbiology, Moscow, USSR, *25*, 90—98, 1956 (Orig. russisch). — **27.** Geršenson, S. M.: The mechanism of infection of cells by polyhedral viruses in the light of observations on the size and form of polyhedra. Compt. rend. Acad. Sci. URSS, *110*, 1199—1201, 1956 (Orig. russisch). — **28.** Geršenson, S. M.: Contrast staining of intranuclear inclusions in polyhedrosis diseased insects. Čes. Parasitol., *5*, 113—114, 1958 (Orig. russisch). — **29.** Glaser, R. W.: Virus diseases of insects. In: „Filtrable Viruses", pp. 301—326. T. M. Rivers. Williams & Wilkins, Baltimore, 1928. — **30.** Glass, E. H.: Laboratory and field tests with granulosis disease of red-banded leaf roller *(Argyrotaenia velutinana)*. J. econ. Ent., *31*, 454—457, 1958. — **31.** Grace, T. D. C.: Induction of polyhedral bodies in ovarian tissues of the tussock moth in vitro. Science, Lancaster, *128*, 249—250, 1958. — **33.** Grison, P., C. Vago & R. Maury: La lutte contre la processionaire du pin *„Thaumetopoea pityocampa"* Schiff. dans le massif du Ventoux. Essai d'utilisation pratique d'un virus spécifique. Rev. forest. française (5), 354—370, 1959.

34. Hall, I. M.: Use of a polyhedrosis virus to control the cabbage looper on lettuce in California. J. encon. Ent., *50*, 551—553, 1957. — **35.** Hills, G. J., & K. S. Smith: Further studies on the isolation and crystallization of insect cytoplasmic viruses. J. Insect. Path., *1*, 121—128, 1959. — **36.** Huger, A., & A. Krieg: Über eine Cytoplasma-Polyedrose der Nonnenraupe *(Lymantria monacha* L.). Naturwissenschaften, *45*, 170—171, 1958. — **36 a.** Huger, A.: (im Druck) Naturwissenschaften, *47*, 1960. — **37.** Hughes, K. M.: An annotated list and bibliography of insects reported to have virus diseases. Hilgardia, Berkeley, *26*, 567—629, 1957.

38. Kelsey, J. M.: Virus sprays for control of *Pieris rapae* L. New Zealand J. Sci. Technol. (Sect. A), *38*, 644—646, 1957. — **39.** Kelsey, J. M.: Control of *Pieris rapae* by granulosis virus. New Zealand J. Agr. Res., *1*, 778—782, 1958. — **40.** Komárek, J., & V. Breindl: Die Wipfelkrankheit der Nonne und der Erreger derselben. Z. angew. Ent., *10*, 99—162, 1924. — **41.** Krieg, A.: Zur Differentialdiagnose von Viruskrankheiten bei Insekten (Bemerkungen zu Arbeiten von E. Jahn). Mikroskopie (Wien), *10*, 258—262, 1955. — **42.** Krieg, A.: Untersuchungen über die Polyedrose von *Neodiprion sertifer* (Geoffr.) Arch. ges. Virusforsch., *6*, 163—174, 1955. — **43.** Krieg, A.: Zur Differentialdiagnose von Viruskrankheiten bei Insekten. II. Mitteilung. Mikroskopie (Wien), *12*, 110—117, 1957. — **44.** Krieg, A.: Über Aufbau und Vermehrungsmöglichkeiten von stäbchenförmigen Insekten-Viren. Z. Naturforsch., *12 b*, 120—121, 1957. — **45.** Krieg, A.: Verlauf des Infektionstiters bei stäbchenförmigen Insektenviren. Z. Naturforsch., *13 b*, 27—29, 1958. — **46.** Krieg, A.: Die Infektiosität der Nukleinsäure aus *Smithiavirus pudibundae*. Naturwissenschaften *46*, 603, 1959. — **47.** Krieg, A.: Grundriß der Insektenpathologie. Viren-, Rickettsien- und Bakterien-Infektionen. Dr. D. Steinkopff Verlag, Darmstadt, 304 pp., 1960.

48. Langenbuch, R.: Eine verbesserte und zeitsparende Methode zur Färbung von Viruseinschlußkörpern (Polyedern) in Schnittpräparaten mit Eisenhämatoxylin. Mikroskopie (Wien), *10*, 344—348, 1955.

49. Martignoni, M. E., & C. Auer: Bekämpfungsversuch gegen *Eucosma griseana* (Hübner) *(Lepidoptera, Tortricidae)* mit einem Granulosis-Virus. Mitt. Schweiz. Anst. forstl. Versuchsw., *33*, 73—93, 1957. — **50.** Martouret, D., & G. Dussausoy: Multiplication et extraction des corps d'inclusion de la virose intestinale de *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. Entomophaga *4*, 253—259, 1959. — **51.** Martouret, D., R. Maury & C. Vago: Essais d'utilisation de suspension de polyèdres contre *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. Verh. 4. Int. Pflanzenschutz-Kongr. (Hamburg, 1957) *1*, 889—890, 1959. — **52.** McEwen, F. L., & G. E. R. Hervey: Control of the cabbage looper with a virus disease. J. econ. Ent., *51*, 626—631, 1958. — **53.** Morgan, C., G. H. Bergold, D. H. Moore & H. M. Rose: The macromolecular paracrystalline lattice of insect viral polyhedral bodies demonstrated in ultrathin sections examined in the electron microscope. J. Biophys., Biochem. Cytol., *1*, 187—190, 1955.

54. Niklas, O. F., & J. Franz: Begrenzungsfaktoren einer Gradation der Roten Kiefernbuschhornblattwespe *(Neodiprion sertifer* [Geoffr.]) in Südwestdeutschland 1953 bis 1956. Mitt. Biol. Bundesanst., Berlin-Dahlem (89), 1—39, 1957.

55. Ossowski, L. L. J.: The biological control of the wattle bagworm *(Kotochalia junodi* Heyl.) by a virus disease. I. Small-scale pilot experiments. Ann. appl. Biol., *45*, 81—89, 1957. — **56.** Ossowski, L. L. J.: Occurence of strains of the nuclear polyhedral virus of the wattle bagworm. Nature, *181*, 648, 1958. — **57.** Ossowski, L. L. J.: The chemical control of the wattle bagworm, *Kotochalia junodi* (Heyl.) by aerial spraying. II. – The use of toxaphene and endrin in the earlier stages of an infestation. Bull. ent. Res., *49*, 229—233, 1958.

58. Ružička, J.: Die neuesten Erfahrungen über die Nonne in Böhmen. Zentralbl. ges. Forstw., Wien, *50*, 33—68, 1924.

59. Schmidt, L., & G. Philips: Granulosis — a new virus disease of the fall webworm *Hyphantria cunea* Drury. Poljoprivredno Šumarski Fakultet, Zavod za entomologiju, Zagreb (1), 1—27, 1958 (Orig. kroatisch). — **60.** Schuder, D. L.: A specific virus disease for control of the European pine sawfly, *Neodiprion sertifer* (Geoffr.). Proc. Indiana Acad. Sci. (1956), *66*, 102—103, 1957. — **61.** Smith, K. M.: Morphology and development of insect viruses. Advances in Virus Research, *3*, 199—220, Academic Press Inc. New York, 1955. — **62.** Smith, K. M.: Virus inclusions in insect cells. Protoplasmatologia, IV. Virus, 4. Virus-Einschlußkörper, 25 pp., Springer-Verl., Wien, 1958. — **63.** Smith, K. M.: The morphology and crystallization of insect cytoplasmic viruses. Virology, *5*, 168—171, 1958. — **64.** Smith, K. M., G. J. Hills, F. Munger & J. E. Gilmore: A suspected virus disease of the citrus red mite *Panonychus citri* (McG.). Nature *184*, 70, 1959. — **65.** Steinhaus, E. A.: Polyhedrosis („Wilt Disease") of the alfalfa caterpillar. J. econ. Ent., *41*, 859—865, 1948. — **66.** Steinhaus, E. A.: Principles of Insect Pathology. McGraw-Hill Book Comp., New York, Toronto, London, 757 pp., 1949. — **67.** Steinhaus, E. A.: New records of insect-virus diseases. Hilgardia, Berkeley, *26*, 417—430, 1957. — **67 a.** Steinhaus, E. A.: Possible virus disease of European red mite. J. Insect Path., *1*, 435—437, 1959. — **68.** Steinhaus, E. A., & C. G. Thompson: Preliminary field tests using a polyhedrosis virus to control the alfalfa caterpillar. J. econ. Ent., *42*, 301—305, 1949. — **69.** Szirmal, J.: Biologische Abwehr mittels

Virus zur Bekämpfung der *Hyphantria cunea* Drury. Acta microbiol., Budapest, *4*, 31—42, 1957.

70. Tanada, Y.: A polyhedrosis virus of the imported cabbage worm and its relation to a polyhedrosis virus of the alfalfa caterpillar. Ann. Ent. Soc. Amer., *47*, 553—574, 1954. — 71. Tanada, Y.: Some factors affecting the susceptibility of the armyworm to virus infections. J. econ. Ent., *49*, 52—57, 1956. — 72. Thompson, C. G.: Field tests during 1950 using a polyhedrosis virus to control the alfalfa caterpillar. J. econ. Ent., *44*, 255—256, 1951. — 73. Thompson, C. G.: The use of certain entomogenous microorganisms to control the alfalfa caterpillar. Proc. 10. Int. Congr. Ent. (Montreal, 1956) *4*, 693, 1958. — 74. Thompson, C. G., & E. A. Steinhaus: Further tests using a polyhedrosis virus to control the alfalfa caterpillar. Hilgardia, Berkeley, *19*, 411—445, 1950.

75. Vago, C.: Multiplication du virus *Borrelina Bombycis* sur chrysalids de vers à soie. C. R. Acad. Sci. Paris, *245*, 2115—2117, 1957. — 76. Vago, C.: On the pathogenesis of simultaneous virus infections in insects. J. Insect Path., *1*, 75—79, 1959. — 77. Veber, J.: A cytoplasmic polyhedral disease of the gypsy moth (*Lymantria dispar* L.). Nature, *179*, 1304—1305, 1957. — 78. Veber, J.: Ausnützung einer Zytoplasma-Polyedrose im Pflanzenschutz. Trans. 1. Conf. Ins. Path. Biol. Contr. (Praha, 1958) 217—226, 1959.

79. Weiser, J.: Unveröffentlichter Bericht über Forschungsarbeiten aus dem Laboratorium für Insektenpathologie, Prag, 1957 und 1958. Tschechoslowakische Akademie der Wissenschaften, Institut für Biologie. 48 pp., 1958. — 80. Wittig, G.: Untersuchungen über den Verlauf der Granulose bei Raupen von *Choristoneura murinana* (Hb.) (Lepidopt., Tortricidae). Arch. ges. Virusforsch., *9*, 365—395, 1959.

81. Yamafuji, K., F. Yoshihara & M. Sato: Eclipse period of polyhedral disease. Enzymologia, *17*, 152—154, 1954.

γ) Verwendung insektenpathogener Protozoen

αα) Typen insektenpathogener Protozoen

Von den vielen Vertretern der Protozoen, die in Insekten leben, verursachen vor allem Schizogregarinen, Coccidien, Haplosporidien und Mikrosporidien große Epizootien. Sie gehören damit zu den natürlichen Begrenzungsfaktoren der Schadinsekten. Da ihre Verwendung zu künstlichen Infektionen — bis auf wenige Ausnahmen — bisher auf die Ordnung der *Microsporidia*, Fam. *Nosematidae*, beschränkt war, soll diese Gruppe hier in Anlehnung an neuere Zusammenfassungen bevorzugt besprochen werden (4, 5, 10, 12, 16, 18, 22, 24).

Heute sind etwa 260 Mikrosporidienarten bekannt, von denen etwa zwei Drittel Insekten befallen. Sie sind obligate Schmarotzer mit fast stets intrazellulärer Lebensweise, einer äußerlich einfachen Spore und in ihr ein bis zwei vakuolenartigen Differenzierungen nebst Polfaden. Die einzelnen Gattungen der Familie werden vor allem nach der Zahl der von einem Sporonten gebildeten Sporen unterschieden. Die wichtigsten Erreger von Insektenkrankheiten gehören zu den Gattungen *Nosema* (1 Spore), *Glugea* (Syn. *Perezia*) (2 Sporen), *Thelohania* (8 Sporen) und *Plistophora* (über 16 Sporen). Für die Determination sind ferner wichtig: Größe und Form der Spore, Gestalt der Entwicklungsstadien, Färbbarkeit, Gewebespezifität in bestimmten Wirten, Reaktion des ursprünglichen Wirtes und anderer Insekten aus der gleichen Biozönose auf Infektionen u. a.

ββ) Aufbau und Vermehrung

Im Innern der ovalen oder birnenförmigen, nur wenige μ langen Sporen der Nosematiden befindet sich ein aufgerollter Polfaden (9 a). Er wird im Darm der natürlichen Wirte ausgeschleudert. Künstlich läßt sich die Polfadenextrusion häufig durch

mechanische oder chemische Reize auslösen. Die von einer empfänglichen Insektenlarve mit der Nahrung aufgenommenen Sporen entlassen etwa nach 24h im Darmlumen Planonten, die in die Darmwand eindringen und entweder dort bleiben oder von dort zu ihrem bevorzugten Wirtsgewebe weiterwandern. Dort wachsen sie zu mehrkernigen Schizonten heran, die in ein- oder zweikernige Stadien (Merozoite) zerfallen. Daran schließt sich meist eine zweite Vermehrung (Schizogonie) an, und der erneute Zerfall führt über Sporonten nach rund 6 bis 7 Tagen zu den ersten Sporen (Abb. 20). 2—3 Wochen nach der Infektion ist die Sporenbildung gewöhnlich am stärksten.

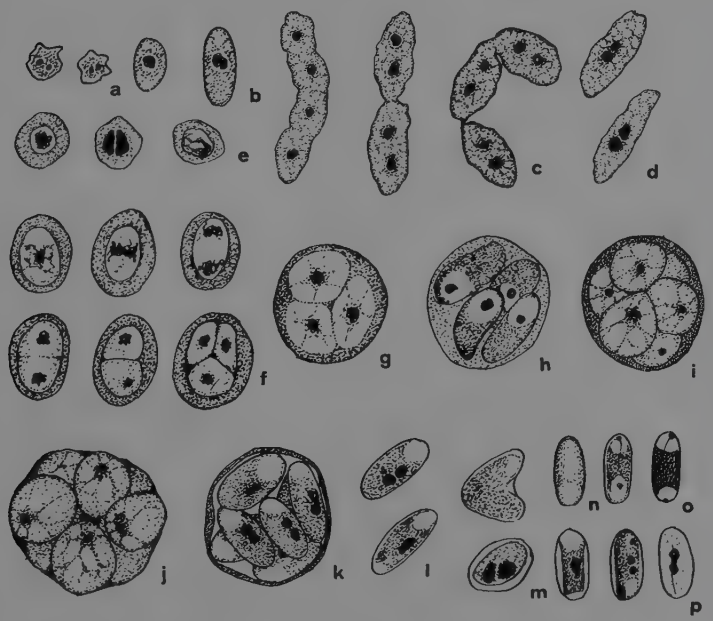


Abb. 20: Entwicklung der Mikrosporidie *Thelohania hyphantriae* Weiser. — a) zweikernige Planonten; b) erster Schizont; c) Schizonten in Teilung; d) Merozoiten der ersten Schizogonie; e) doppelkernige Zwischenstadien; f) Teilung des zweiten Schizonten; g—k) Entwicklung des Pansporablast; l) Sporoblast; m) rudimentäre Sporen; n) native Sporen; o) nach Heidenhain gefärbte reife Sporen; p) nach Giemsa gefärbte reife Spore, nach Hydrolyse. (Nach J. WEISER & J. VĚBER, 1957) (29)

γγ) Spezifität — Resistenz

Meist sind mehrere Wirte für eine Mikrosporidienart anfällig, und zwar besonders solche, die zusammen in einem Biotop leben. Tab. 2 zeigt als Beispiel die Verhältnisse in Obstgärten der Slowakei. Die Gewebespezifität ist meist strenger (vgl. Abb. 21 u. Tab. 2), doch wechselt auch sie manchmal mit dem Wirtswechsel (z. B. bei *Glugea [Perezia] pyraustae)* (8). Die Pathogenität der einzelnen Arten hängt von der Lebenswichtigkeit des befallenen Organs ab. Am frühesten sterben Insekten,

Tabelle 2

Art- und Gewebespezifität von Mikrosporidiosen verschiedener Lepidopteren an Obstbäumen (nach Weiser [25])

	Fettkörper					Körperhöhle		Darm			Allgem. Infektion
	Nosema lymantriae	*Thelohania hyphantriae*	*Thelohania similis*	*Thelohania stilpnotiae*	*Thelohania disparis*	*Nosema aporiorra*	*Nosema muscularis*	*Plistophora aporiae*	*Plistophora schubergi*	*Nosema minor*	*Nosema bombycis*
Lymantria dispar	+	—	+	—	+	+	+	+	+	—	—
Euproctis chrysorrhoea		+	+	+			+	+	+	+	
Malacosoma neustria	—	+			—	+	—	+	+		
Aporia crataegi	—	—	—			+		+	+		
Stilpnotia salicis		+	+								
Hyphantria cunea		+	—			—	+	—		+	+
Bombyx mori	—	—	—			—	—	—		—	+

wenn Darm, Muskulatur, Malpighigefäße oder Spinndrüsen befallen sind. Larven mit Befall nur im Fettkörper leben meist bis zur Metamorphose. Manchmal schreitet die Infektion von einem Organ zum anderen in festgelegter Reihenfolge fort (z. B. *Nosema otiorrhynchi* in *Otiorrhynchus ligustici* [23]). Abwehrreaktionen der befallenen Gewebe sind selten und ohne entscheidenden Einfluß auf den Gang der Infektion, die ohne große Abhängigkeit von Umweltfaktoren zu verlaufen pflegt. Auch die bei den Virosen besprochenen Toleranzunterschiede der Wirte in verschiedenen Jahren einer Gradation sind hier unbekannt.

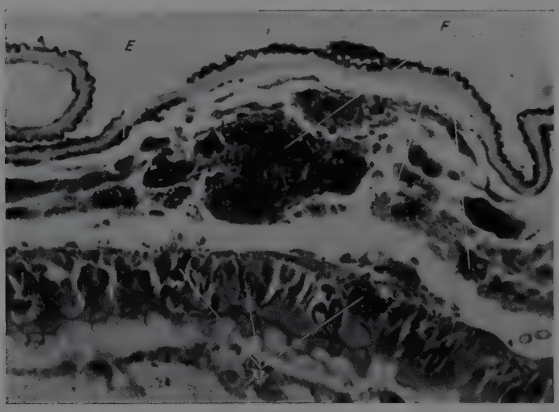


Abb. 21: Schnitt durch eine Raupe von *Agrotis segetum* (Schiff.) mit Mikrosporidien-Sporen in Zellen der Epidermis (E), des Fettkörpers (F) und des Mitteldarmepithels (M) (*Nosema perezioides* Huger) (145×); Hämatoxylin-Heidenhain. (Aufn. A. HUGER, Biol. Bundesanst., Darmstadt)

δδ) Diagnose

Die häufigsten, aber sehr unspezifischen äußeren Symptome einer Mikrosporidiose sind verzögerte Entwicklung, Freßunlust, Kleinbleiben der Larven, zuletzt manchmal Krämpfe; zusätzlich verfärben sich viele Raupenarten weißlich (z. B. *Hyphantria cunea*), während Seidenspinnerraupen (*Bombyx mori*) durch Befall von Zellgruppen der Epidermis gesprenkelt aussehen (*Nosema bombycis* Naegeli). Die mikroskopische Untersuchung zeigt bereits an ungefärbten Zupfpräparaten (Phasenkontrast!), besser noch in Schnitten, ob sich Sporen in den verschiedenen Organen befinden (Abb. 22). Sterben die Wirte an einer Septikämie, die durch das massive Einwandern der Planonten aus dem Darmlumen hervorgerufen werden kann, wird die Diagnose meist nicht möglich sein.

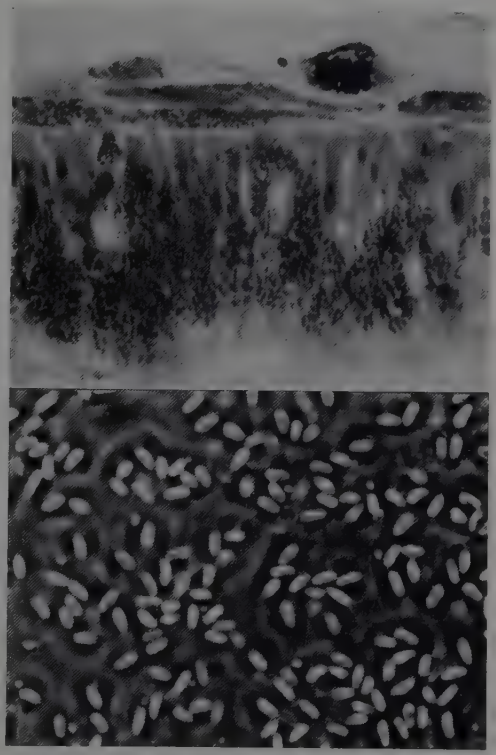


Abb. 22: Oben: Längsschnitt durch Muscularis und Epithel des Mitteldarms einer Raupe von *Agrotis segetum* (Schiff.) mit Sporen der Mikrosporidie *Nosema perezioides* Huger (~ 320×). Unten: Phasenkontrastmikroskopisches Bild der Sporen der gleichen Art im Fettkörper von *A. segetum* (750×). (Aufn. A. HUGER, Biol. Bundesanst., Darmstadt)

εε) Massenproduktion und Verbreitung

Da sich Mikrosporidien ebensowenig wie Viren auf künstlichen Nährböden kultivieren lassen, ist die Erzeugung von Sporenmaterial für Infektionen an lebende Tiere gebunden. Die Ausbeute ist dabei bei den einzelnen Arten verschieden. Da die Virulenz der Sporen nicht von der Wirtsart beeinflußt wird, ist der größte Wirt in einem späten Stadium am geeignetsten, denn in ihm entstehen die meisten Sporen. Wenn mehrere Erregerarten in einem Insekt nebeneinander vorkommen, müssen sie durch Sektion und Entnahme der spezifisch befallenen Organe getrennt werden. Ist nur eine Mikrosporidienart beteiligt, genügt es, die verendeten Tiere mit Wasser zu homogenisieren, die gewonnene Flüssigkeit durch Gaze zu sieben,um größere Fremdkörper (Raupenhaare usw.) abzuhalten, und die konzentrierte Sporensuspension im Kühlschrank bei 0° C aufzubewahren. Dort bleibt sie nach WEISER (24) mindestens 2 Monate, meist 13 Monate infektionsfähig erhalten (Penicillin-Zusatz!). Außerdem eignen sich Raupen in künstlich verlängerter Diapause zur Sporenkonservierung (z. B. in L_1 von *Euproctis chrysorrhoea* 240 Tage) (29).

Die Ausbringung geschieht dann durch Versprühen wäßriger Suspensionen, denen inerte Haftmittel nur zugegeben werden sollten, wenn diese bestimmt keine Repellentwirkung besitzen. Als Anhalt kann eine Konzentration von 1 bis 3 $\times$ 10^6 Sporen/cm^3 angegeben werden, wobei etwa 1 cm^3 der Suspension auf 1 m^2 Blattfläche gerechnet wird. Die Sporenkonzentration läßt sich in Blutzählkammern bestimmen. Je höher die verwendete Konzentration liegt, desto schneller und durchschlagender ist der Erfolg. Mit subletalen Dosen infizierte Larven entwickeln sich häufig zur Imago.

Der normale Infektionsweg ist die Aufnahme von Sporen mit dem Futter oder den Körperresten infizierter Tiere. Auch der Kot kranker Wirte enthält häufig Sporen. Mit der Populationsdichte aller empfänglichen Arten zusammengerechnet, steigt auch die Infektionsaussicht für jedes Tier. Auf die nächste Generation werden Sporen entweder dadurch übertragen, daß sich aus dem Ei schlüpfende Junglarven an Resten infizieren, die noch von der Imago stammen (z. B. *Euproctis chrysorrhoea* an der mit Kot beschmierten Afterwolle des Weibchens [6]); oder es liegt eine echte Sporenübertragung durch das Ei vor (z. B. bei *Bombyx mori*, *Otiorrhynchus ligustici* [27], *Pyrausta nubilalis* [31], *Pieris rapae* [19] und *Choristoneura fumiferana*). Bei der letztgenannten Art übertragen auch einige Männchen die Erreger mit den Spermien (21). Gelegentlich beteiligen sich Schlupfwespen an der Verbreitung der Krankheit (parenterale Infektion, z. B. bei *Gnorimoschema operculella* [Zell.] [1] und bei *Pieris brassicae* [2]). Räuberische Arthropoden fressen bevorzugt an mikrosporidienkranken Tieren. Obwohl die Sporen z. B. den Darmtrakt der räuberischen Silphide *Xylodrepa quadripunctata* L. (24), des Ohrwurms (*Forficula auricularia* L.) und der Kohlmeise (*Parus major* L.) (7) infektionsfähig wieder verlassen, vermindert die Prädatorentätigkeit nach Ansicht von Weiser die Sporenkonzentration im Nahrungsbereich blattfressender Raupen; nach künstlichem Fernhalten der Räuber stieg die Häufigkeit der Infektionen erheblich an (24).

Mischung von verschiedenen Mikrosporidien-Sporen kann gelegentlich zu einem synergistischen Effekt führen, indem sonst nicht anfällige Wirte infiziert werden (z. B. *Euproctis chrysorrhoea* nur anfällig gegen *Nosema lymantriae* Weiser, wenn zugleich mit *Thelohania similis* infiziert [25]). Im übrigen verkürzen Mischinfektionen nicht die Inkubationszeit und vergrößern nicht die Mortalität. — Mischung von Insektiziden und Mikrosporidien-Sporen ist möglich und gelegentlich empfehlenswert. *Otiorrhynchus ligustici* ist z. B. gegen DDT 10mal empfindlicher, wenn er zugleich mit *Nosema otiorrhynchi* Weiser infiziert wird (17). Da hierdurch befallene Tiere schnell aus der Population verschwinden, dürfte sich dieses Verfahren nur im Randgebiet einer Gradation empfehlen, wo natürliche Feinde einschl. der Epizootien erst aufzutreten beginnen (24).

ζζ) Beispiele für die Nutzung bei biologischer Bekämpfung

Praktisch erprobt wurden Mikrosporidien bisher nur gegen Lepidopteren-Larven. Vorteilhaft ist dabei ihre beständige, wenig von der Umwelt oder der Toleranz der Wirte beeinflußte Pathogenität, nachteilig dagegen ihre langsame und meist nicht dauerhafte Wirkung. So scheinen sie gegen Pieriden nach den langjährigen Erfahrungen von Blunck (3) nicht verwendbar zu sein.

Hyphantria cunea (Drury). Der Weiße Bärenspinner hat sich nach seiner Einschleppung in Europa als empfindlich gegen verschiedene Krankheitserreger erwiesen, von denen fünf Mikrosporidienarten (*Thelohania hyphantriae* Weiser, *Nosema muscularis* Weiser, *Nosema minor* Weiser, *Nosema bombycis* Naegeli und *Plistophora schubergi* Zwölfer) sicher von anderen Raupenarten stammen, die im gleichen Biotop leben. Mit der zuerst genannten Art wurden in der Tschechoslowakei an > 13 000 Raupen Infektionsversuche im Freiland angestellt (25, 26, 28). Konzentration der verwendeten wäßrigen Suspension: etwa 3 bis 6×10^6 Sporen/cm³. Durch Fressen bespritzten Laubes 100 %ige Infektion, der in 2 Wochen etwa 25 %, in 4 Wochen fast alle Raupen erlagen. Allerdings keine schnelle und keine dauernde Wirkung, da Erreger erst nach dem Tod der Raupen frei werden (Fettkörperbefall!) und zum großen Teil wieder aus dem Biotop verschwinden. Infektion anderer Raupenarten bietet Reservoir für weitere Ansteckungen. Lediglich die seltenere *P. schubergi* wurde via ovo weitergegeben und erzielte länger dauernde Wirkung. In Gegenden mit Zucht von *Bombyx mori* verbietet sich trotz der guten Wirksamkeit die Verwendung von *Nosema bombycis* gegen *H. cunea* von selbst, da sie zugleich die gefürchtete „Pebrine" der Seidenraupen verursacht (14). In manchen Gebieten stellt die natürliche Verseuchung zahlreicher Noctuiden, Sphingiden und Bombyciden mit dieser *Nosema* eine große Gefahr für die Seidenraupenzucht dar (15).

Euproctis chrysorrhoea (L.), *Lymantria dispar* (L.). In der ČSR hatten Feldversuche mit *T. hyphantriae* gegen den Goldafter und mit *Nosema lymantriae* Weiser gegen Goldafter und Schwammspinner gute Wirkung (24). Summarisch wird von 100 %iger Infektion berichtet, der etwa 80 % der Raupen erlag; der Rest ergab noch z. T. tote Puppen und infizierte Imagines.

Pyrausta nubilalis (Hbn.). Der Maiszünsler ist in Nordamerika, wohin er aus Europa eingeschleppt worden war, in weiten Gebieten mit *Glugea (Perezia) pyraustae* Paillot verseucht. Kleine Infektionsversuche mit wäßriger Suspension (Konzentration: $1{,}3—1{,}5 \times 10^6$ Sporen/cm³) erhöhten die Befallsprozente behandelter Raupen gegenüber unbehandelten, doch waren die Ergebnisse nicht eindeutig (30). Diese Mikrosporidiose kann jedoch auch bei enzootischem Auftreten eine stark reduzierende Wirkung auf Eiproduktion und Überlebensaussicht des Schädlings ausüben (11, 31).

Tineola bisselliella (Hummel). Nach unveröffentlichten Mitteilungen von J. Weiser läßt sich eine früher schon beschriebene (13), von einer noch unbenannten *Nosema*-Art hervorgerufene Mikrosporidiose in Kleidermotten zu künstlichen Infektionen verwenden. Die hierdurch erzielte Sterblichkeit war sehr hoch.

Crambus bonifatellus (Hulst). Der in Kalifornien auf Grasflächen schädliche „sod webworm" wird unter anderem von einer Mikrosporidie (*Nosema infesta* Hall.) befallen. Wäßrige Sporensuspension (Konz.: 25×10^6/cm³) auf Rasenfläche versprüht (Aufwand: 4 bzw. 12×10^9 Sporen/sq. yard) verminderten den Raupenbestand auf rund 1/4 der unbehandelten Fläche. Eine Wiederholung mit stärker konzentrierten Suspensionen führte jedoch im darauffolgenden Jahr nur zu ganz schwacher Infektion, so daß die Versuche insgesamt nicht als Hinweise auf praktische Verwendbarkeit von *N. infesta* zu werten sind (9).

Als einziges Beispiel für die erfolgreiche Verwendung anderer Protozoen liegt die Mitteilung vor, daß ein Versprühen von Sporen der Schizogregarine *Mattesia dispora* Naville bei Raupen von *Plodia interpunctella* (Hbn.) ein Massensterben hervorrief (24). Mit der Amöbe *Malameba locustae* (King & Taylor) führten diese Autoren im Freiland Infektionsversuche gegen Heuschrecken der Gattung *Melanoplus* in der Art durch, daß zystenhaltige Exkremente kranker Tiere, mit Köder vermischt, ausgestreut wurden. Der Befall hatte nach 8 Wochen etwas zugenommen, doch ließ sich dies nicht eindeutig auf die künstliche Infektion zurückführen (20).

Literatur zu 3, a, cc, γ

1. Allen, H. W.: Nosema disease of *Gnorimoschema operculella* and *Macrocentrus ancylivorus*. Ann. Ent. Soc. Amer., *47*, 407—424, 1954.

2. Blunck, H.: Mikrosporidien bei *Pieris brassicae* L., ihren Parasiten und Hyperparasiten. Z. angew. Ent., *36*, 316—333, 1954. — **3.** Blunck, H.: Is there a possibility of using

microsporidia for biological control of Pieridae? Proc. 10. Int. Congr. Ent. (Montreal, 1956) *4*, 703—710, 1958.

4. Doflein, F., & E. Reichenow: Lehrbuch der Protozoenkunde. Eine Darstellung der Naturgeschichte der Protozoen mit besonderer Berücksichtigung der parasitischen und pathogenen Formen. 2. Teil: Spezielle Naturgeschichte der Protozoen. Gustav Fischer Verlag, Jena, 1213 pp., 1953.

5. Escherich, K.: Die Forstinsekten Mitteleuropas. III. Paul Parey, Berlin, 825 pp., 1931.

6. Günther, S.: Zur Infektion des Goldafters (*Euproctis chrysorrhoea* L.) mit *Plistophora schubergi* Zwölfer (Microsporidia). Z. angew. Zool. *43*, 397—405, 1956. — 7. Günther, S.: Über die Auswirkung auf die Infektiosität bei der Passage insektenpathogener Mikrosporidien durch den Darm von Vögeln und Insekten. Nachrbl. dtsch. Pflschutzd., Berlin, *13*, 19—21, 1959.

8. Hall, I. M.: Observations on *Perezia pyraustae* Paillot, a microsporidian parasite of the European corn borer. J. Parasitol., *38*, 48—52, 1952. — 9. Hall, I. M.: Studies of microorganisms pathogenic to the sod webworm. Hilgardia, Berkeley, *22*, 535—565, 1954. — 9a. Huger, A.: Electron microscope study on the cytology of a microsporidian spore by means of ultrathin sectioning. J. Insect Path., *2*, 84—105, 1960.

10. Jirovec, O.: Studien über Mikrosporidien. Věstník českol. zool. Společn., *4*, 1—75, 1936.

11. Kramer, J. P.: Some observations on a microsporidiosis in the European corn borer, *Pyrausta nubilalis* (Hbn.). Trans. 1. Int. Conf. Ins. Path. Biol. Contr. (Praha, 1958), 323—325, 1959. — 12. Kudo, R.: A biologic and taxonomic study of the Microsporidia. Illinois Biol. Monogr., *9* (2 u. 3) 1924.

13. Lotmar, R.: Über eine Mikrosporidieninfektion (Gattung *Nosema*) bei der Kleidermotte, *Tineola biselliella*. Mitt. Schweiz. Ent. Ges., *18*, 361—373, 1941.

14. Machay, M. L.: Biological control of the fall webworm, *Hyphantria cunea* Drury, by the microsporid *Nosema bombycis* Naegeli. Folia Ent. Hung. Budapest, *7*, 155—162, 1954 (Orig. ungarisch). — 15. Machay, M. L.: Occurence of the *Nosema bombycis* Naegeli among wild Lepidoptera. Folia Ent. Hung., Budapest, *10*, 359—363, 1957.

16. Paillot, A.: L'infection chez les insectes. Immunité et Symbiose. Imprimerie de Trévoux, G. Patissier, 535 pp., 1953.

17. Rosický, B.: Nosematosis of *Otiorrhynchus ligustici*. II. The influence of the parasitation by *Nosema otiorrhynchi* Weiser 1951 on the susceptibility of the beetles to insecticides. Věstník českol. zool. Společn., *15*, 219—234, 1951.

18. Steinhaus, E. A.: Principles of Insect Pathology. McGraw-Hill Book Comp., New York, Toronto, London, 757 pp., 1949.

19. Tanada, Y.: Field observations on a microsporidian parasite of *Pieris rapae* (L.) and *Apanteles glomeratus* (L.). Proc. Haw. Ent. Soc. *15*, 609—616, 1955. — 20. Taylor, A. B., & R. L. King: Further studies on the parasitic amebae found in grasshoppers. Trans. Amer. Microscop. Soc. *56*, 172—176, 1937. — 21. Thompson, H. M.: Some aspects of the epidemiology of a microsporidian parasite of the spruce budworm, *Choristoneura fumiferana* (Clem.). Canad. J. Zool. *36*, 309—316, 1958.

22. Weiser, J.: Klič k určování Mikrospororidií. Acta Soc. Sci. Nat. Moravicae, *18*, 1—64, 1947. — 23. Weiser, J.: Nosematosis of *Otiorrhynchus ligustici* L. Věstník českol. zool. Společn., *15*, 219—243, 1951. — 24. Weiser, J.: Protozoäre Infektionen im Kampfe gegen Insekten. Z. Pflkrankh., *63*, 625—638, 1956. — 25. Weiser, J.: Mikrosporidien des Schwammspinners und Goldafters. Z. angew. Ent. *40*, 509—527, 1957. — 26. Weiser, J.: Über die Möglichkeiten des biologischen Kampfes gegen *Hyphantria cunea* Drury. III. Čes. Parasitol., *4*, 359—367, 1957 (Orig. tschechisch). — 27. Weiser, J.: Transovariale Übertragung der *Nosema otiorrhynchi* W. Acta Soc. Zoologicae Bohemoslovenicae, *22*, 10—12, 1958. — 28. Weiser, J., & J. Veber: Über die Möglichkeiten des biologischen Kampfes gegen *Hyphantria cunea*. II. Čes. Parasitol., *2*, 191—199, 1955 (Orig. tschechisch). — 29. Weiser, J., & J. Veber: Die Mikrosporidie *Thelohania hyphantriae* Weiser des weißen Bärenspinners und anderer Mitglieder seiner Biocönose. Z. angew. Ent. *40*, 55—70, 1957.

30. Zimmack, H. L., K. D. Arbuthnot & T. A. Brindley: Distribution of the European corn borer parasite *Perezia pyraustae*, and its effect on the host. J. econ. Ent., *47*, 641—645, 1954. — 31. Zimmack, H. L., & T. A. Brindley: The effect of the protozoan parasite *Perezia pyraustae* Paillot on the European corn borer. J. econ. Ent., *50*, 637—640, 1957.

δ) Verwendung insektenpathogener Bakterien

αα) Typen insektenpathogener Bakterien

Nur ein Bruchteil aller Bakterien ist irgendwie mit Insekten vergesellschaftet. Entsprechend den verschiedenartigen dabei auftretenden Beziehungen lassen sich in Anlehnung an KRIEG (40) folgende Bakteriengruppen unterscheiden: 1) Obligate Symbionten: Intrazelluläre Symbionten, nicht auf künstlichen Nährböden kultivierbar. — 2) Fakultative Symbionten: Extrazelluläre Symbionten, die auch ohne ihren Wirt (saprophytisch) zu leben vermögen (Vertreter der *Pseudomonadales, Eubacteriales, Actinomycetales).* — 3) Apathogene Bakterien: Kommensalen, die meist zur normalen bzw. anomalen Darmflora gehören (Vertreter der *Eubacteriales* wie *Micrococcaceae, Lactobacteriaceae, Enterobacteriaceae, Achromobacteriaceae, Brucellaceae)* oder auch manchmal im Hämocoel vorkommen *(Spirochaetales).* Sie können nach Vergiftungen oder primären Erkrankungen (z. B. Virosen) der Wirte sekundär in die Leibeshöhle und die Gewebe eindringen. — 4) Fakultativ pathogene Bakterien: Können saprophytisch leben, wirken aber in großen Mengen oder unter zusätzlichem Einfluß von Stressoren pathogen (Vertreter der *Eubacteriales* wie *Cloaca cloacae* var. *acridiorum, Serratia marcescens, Micrococcus muscae, Bacillus subtilis, Bacillus cereus.* — 5) Obligat pathogene Bakterien: Verursachen bereits in sehr geringen Dosen eine Erkrankung der Wirtsinsekten. Manche können saprophytisch leben und sporulieren (z. B. *Bacillus thuringiensis, B. larvae),* bei anderen ist eine saprophytische Phase nicht bekannt (z. B. *Bacillus popilliae, B. lentimorbus).* Innerhalb der obligat pathogenen Bakterien, die für die biologische Bekämpfung naturgemäß am wichtigsten sind, lassen sich solche mit kristallinen *(B. thuringiensis)* bzw. parasporalen *(B. popilliae)* Einschlüssen von solchen ohne diese unterscheiden. Diese Einschlüsse kann man als Stressoren auffassen, welche die Erreger mitbringen.

ββ) Morphologie und Pathologie

Sowohl die Formenmannigfaltigkeit der Bakterien, die allerdings gegenüber der Vielfalt ihrer Stoffwechselleistungen zurücktritt, als auch physiologische Kriterien dienen der taxonomischen Abgrenzung der Bakteriengruppen. Bakterien sind vollständige Zellen mit einem Durchmesser von etwa 1 μ. Wir unterscheiden bei ihnen kugel-, stäbchen- und schraubenähnliche Formen, von denen manche Arten (unter gewissen Bedingungen) begeißelt sein können. Alle (außer den Spirochaeten) sind von einer Zellwand umgeben; bei vielen sind Kernäquivalente nachgewiesen. Bakterien vermehren sich durch Querteilungen. Unter gewissen Bedingungen bilden Vertreter mancher Gattungen in den Zellen (Sporangien) sogenannte Sporen. Diese sind gegen Außeneinflüsse äußerst widerstandsfähig; sie bleiben jahrelang keimfähig. Die Fähigkeit, je nach den Lebensbedingungen von einer aktiven Vermehrungsphase in eine latente Ruhephase überzuwechseln, kennzeichnet gerade die praktisch wichtigsten insektenpathogenen Arten.

Auf günstigen Kulturnährböden sind die Formen der Individuen meist annähernd konstant, wenn auch ihre absolute Größe zwischen den Teilungsschritten zunimmt. Ändert man das Nährsubstrat, so verändern sie auch gelegentlich die Gestalt. Solchen Formwechsel beobachtet man auch bei Arten, die in Insekten leben. Erwähnt seien hier als Beispiel nur die unter dem Einfluß völliger Wirtsabhängigkeit ent-

stehenden Riesenformen bei manchen obligaten Symbionten oder der Formwechsel von *Bacterium melolonthae liquefaciens* (Paillot) Steinhaus. Dieses aus *Melolontha melolontha* (L.) isolierte Bakterium besitzt im Maikäfer die Form eines *Coccobacillus*, bildet aber in *Agrotis segetum* (Schiff.) Fäden und in *Lymantria dispar* (L.) lange Schläuche. Nach dem Tod der Lepidopteren-Wirte nehmen sie wieder die ursprüngliche Kugelform an (55). Auch andere, intrazellulär in dem Hämocoel der Insekten lebende Bakterien zeigen einen solchen, von den physiologischen Eigenarten des Wirtes abhängigen Formwechsel, der eine auf morphologischen Kriterien beruhende Diagnose erschwert. — Außer der Einzelform der Bakterien dient auch oft die Wachstumseigenart der Reinkulturen als Unterscheidungsmerkmal.

Der übliche Infektionsweg von insektenpathogenen, auch praktisch verwendbaren Bakterien ist „per os". Die nach mechanischer Verletzung der Außenhaut auch in der Natur beobachteten Infektionen sollen hier außer Betracht bleiben, da sich ihre Häufigkeit nicht beeinflussen läßt. Der Erfolg einer peroralen Infektion hängt, wie im allgemeinen Teil bereits ausgeführt, häufig von dazukommenden Sekundärfaktoren ab, die entweder den Organismus schwächen (Stressoren) oder eine vorhandene Barriere (peritrophische Membran, Darmepithel) durchbrechen. Letzteres finden wir z. B. bei massierter Invasion von Planonten der Mikrosporidien oder bei der Einwanderung mancher Nematoden durch die Darmwand. Dazu kommt eine wechselnde Virulenz der Keime (vgl. unten). Die in die Körperhöhle eingedrungenen Bakterien parasitieren dann nicht, wie Viren und Rickettsien, in den Zellen des Wirtes, sondern greifen diese extrazellulär an. Dies kann, wie z. B. bei den Erregern der „milky disease" des Japankäfers (*Bacillus popilliae* Dutky), ohne sichtbare Schädigung der Wirtszellen geschehen. Manche Bakterien scheiden Fermente aus, die wichtige Teile des Wirtsorganismus zerstören; so greift z. B. die Phospholipase von *Bacillus cereus* Fr. et Fr. die Zell-Lipoide (Lezithin) an. Wieder andere produzieren Toxine, welche wichtige Organe schädigen (z. B. *Bacillus thuringiensis* Berliner [24]). Eine Übertragung pathogener Bakterien via ovo ist, im Gegensatz zu den Verhältnissen bei Symbionten, äußerst selten.

Weitere Einzelheiten zur Morphologie, Pathologie und Diagnose werden später speziell für die praktisch wichtigsten Arten besprochen. Die Bestimmung von Bakterien, die sich in kranken oder toten Insekten finden, ist ebenso wie die Prüfung der Pathogenität nur dem Spezialisten möglich, vor allem mit Hilfe der Testung physiologischer Ansprüche von Reinkulturen auf verschiedenen Nährböden und durch Beachtung der Kochschen Postulate (vgl. S. 41). Einzelheiten der diagnostischen Kriterien finden sich bei Krieg (40) zusammengestellt. Hier sei nur ergänzend zu dem im allgemeinen Teil (3, a, aa und bb) bereits Ausgeführten das Problem der Virulenzänderung von Bakterien nochmals behandelt, das eng mit ihren Stoffwechselleistungen zusammenhängt. Diese sind äußerst vielseitig. Wir unterscheiden Aërobier (die O_2 vertragen) und Anaërobier (die O_2 nicht vertragen), autotrophe und heterotrophe Bakterien. Insektenpathogene Bakterien gehören überwiegend zu den heterotrophen Aërobiern, sie verwerten also zu ihrem Aufbau vorwiegend Moleküle anderer Lebewesen, vor allem C- und N-Verbindungen. Die Verwertung der dann osmotisch aufgenommenen Nährstoffe erfolgt durch Enzyme, deren Nachweis im übrigen auch diagnostisch brauchbar ist. Die wichtigsten dieser Enzyme sind Hydrolasen, Desmolasen und Oxy-

genasen. Während Vertreter der zuletzt genannten Enzymgruppe stets vorhanden sind (konstitutive Enzyme), kommen Desmolasen (z. B. Zymase) und hydrolytisch spaltende Enzyme im allgemeinen fakultativ vor (adaptive Enzyme) (30, 45). Dies gibt den betreffenden Bakterien die Möglichkeit, sich an gewisse Stoffe anzupassen, die sie vorher nicht oder nicht ausreichend aufschließen konnten. Dabei ändern sich die Erbanlagen nicht. Diese enzymatische Adaptation bewirkt entweder eine Gewöhnung an bestimmte Nährstoffe bzw. Gifte oder eine *Änderung der Virulenz* (38). Im Versuch steigert man die Virulenz mancher Arten durch Wirtspassagen, vor allem dann, wenn die Bakterienart vorher schon lange auf künstlichem Nährboden kultiviert worden war. Wirtspassagen vermögen auch in der Natur, im Kreislauf einer Epizootie, virulenzsteigernd zu wirken. Ebenso wie Mutationen haben auch diese Adaptationen einen Auslesewert, da nicht angepaßte Individuen ausselektioniert werden. Im Unterschied zu mutativen Änderungen ist der Virulenzwechsel jedoch reversibel.

γγ) Massenproduktion und künstliche Verbreitung

Da die meisten fakultativ und obligatorisch insektenpathogenen Bakterien wenigstens zeitweise auf künstlichen Nährböden wachsen, ist die Erzeugung großer Erregermengen hier einfacher als bei Viren oder Rickettsien (40, 58). Für viele Arten genügen die üblichen Nährmedien (z. B. Nähragar), die Kohlenhydrate und Eiweiß enthalten. Auf diesen sind z. B. Arten der Gattung *Pseudomonas* züchtbar, ferner von den uns hier interessierenden, da praktisch verwendeten Arten z. B. *Cloaca cloacae* (Jordan) Castellani et Chalmers var. *acridiorum, Coccobacillus ellingeri* Met. et Chor., *Streptococcus disparis* Glaser. In anderen Fällen erweist es sich als günstig, besondere Kohlenhydrate und Spurenelemente hinzuzufügen (vgl. unten). Zumeist ist ein bestimmtes, leicht alkalisches pH optimal, bei *C. ellingeri* z. B. 7,2. Das Optimum der Temperatur wechselt und beträgt z. B. für *Bacillus thuringiensis* Berliner 32° C bei einem pH von 7,0. Häufig, aber nicht immer, geht die Virulenz bei dauernder Kultur auf künstlichem Substrat zurück. Dieser Virulenzverlust läßt sich, wie gesagt, meist durch Passagen durch den ursprünglichen Wirt rückgängig machen. So wird *Cloaca cloacae* var. *acridiorum* durch 10—12 Wirtspassagen wieder sehr virulent (meßbar an der Dauer von der Infektion bis zum Tod des Wirtes). Die Kultur selbst geht entweder in großen, flachen Gefäßen (Kolle-Schalen oder Povitsky-Flaschen) vor sich und dann zumeist auf festem Nährboden (59); oder man kultiviert im Submersverfahren, wobei die Nährlösung flüssig bleibt und die hineingebrachten Bakterien sich in der Flüssigkeit, zumeist (bei aëroben Arten) unter starker Durchlüftung, vermehren (Kluyver-Kolben). Bei *C. ellingeri* führt allerdings anaërobe Kultur zu höherer Virulenz. Ein Submersverfahren mit Durchlüftung ist z. B. bei *B. thuringiensis* üblich. Die Art sporuliert nur unter aëroben Bedingungen und liefert bei 32° C in einigen Tagen eine Ausbeute von 4 bis 10 g Sporen/Liter Nährlösung. Als Beispiel für ein bewährtes Kulturmedium sei folgende, am Institut für Biologische Schädlingsbekämpfung in Darmstadt erprobte Nährlösung für belüftete Submerskultur genannt: 2 % Glukose, 2 % Pepton, 0,5 % Hefeextrakt, 0,5 % NaCl, 0,1 % $MgSO_4$, 0,1 % $CaCl_2$, 0,001 % $ZnSO_4$, 0,001 % $MnSO_4$, vor dem Sterilisieren auf pH 8,4 eingestellt (bei Sterilisation sinkt das pH).

Andere Kulturmedien haben sich ebenfalls bewährt (46, 76). Im Großverfahren kann man als billiges Substrat Kleie (83) oder Sojabohnen verwenden.

Bei der industriellen Produktion in großen Fermentern läßt sich durch geeignete Wahl des Kulturmediums, des Verfahrens (Durchlüftung, Temperatur, Bewegung, Entschäumen usw.) die Ausbeute steigern und durch Aufbereitung mit Streckmitteln das Verfahren verbilligen. Die so gewonnenen Sporen von *B. thuringiensis* sind viele Jahre wirksam. Die zuerst genannten, nicht sporenbildenden Bakterien sind weniger lange haltbar; in geschlossenen Gefäßen überlebt *Cloaca cloacae* var. *acridiorum* z. B. bis zu 2 Jahre, während *Pseudomonas*-Arten nur wenige Tage persistieren. Durch Zugabe von Schutzkolloiden versucht man, bei Nicht-Sporenbildnern ebenfalls die Lebensdauer zu verlängern (65).

Einige insektenpathogene Bakterien konnten bisher noch nicht auf künstlichen Nährböden kultiviert werden, wie z. B. die Erreger der „milky disease" des Japankäfers (*Popillia japonica* Newm.), *Bacillus popilliae* Dutky und *Bacillus lentimorbus* Dutky. Bei *B. popilliae* gelingt zwar eine Kultur vegetativer Formen auf einem Spezialnährboden, nicht aber die Sporenbildung (62, 63). Daher ist man gegenwärtig darauf angewiesen, die genannten Bakterien durch Infektion lebender Engerlinge des Japankäfers zu vermehren. Das Verfahren der intracoelomaren Injektion ist von Pflanzenschutzinstituten und Industrie rationell ausgebaut und standardisiert worden (13). Je Larve werden mittels fußbetriebener Injektionsspritze etwa 3×10^8 Sporen verimpft. 3 Wochen später, wenn die Sporenbildung ihren Höhepunkt erreicht hat und die Larven verenden, werden sie getrocknet und zermahlen. Die Sporen sind rund 20 Jahre lebensfähig und ertragen 10 Min. lang 80° C.

Zur Verbreitung insektenpathogener Bakterien verwendet man gewöhnlich wäßrige Suspensionen, gelegentlich mit einem Netz- oder Haftmittel, oder (bei Sporenbildnern) die Erreger in Staubform. Gegen Heuschrecken hat man mit Bakterien vermischte Köder gebraucht, gegen Schädlinge in Maispflanzen granulierte Pulver, wobei die Körnchen von oben in die Blattachseln fallen. Die jetzt in den Vereinigten Staaten im Handel erhältlichen Präparate von *B. thuringiensis* sind zum Verstäuben oder zum Anrühren in Wasser vorgesehen und enthalten je g zwischen 10^7 und 10^{10} Sporen, außerdem ein inertes Streckmittel (Kaolin-Art) und manchmal Netzmittel. Beim Stäuben wird oft Talkum oder Kaolinit als Trägerstoff gebraucht. Die Ausbringung geschieht mit den im Pflanzenschutz üblichen Bodengeräten oder Flugzeugen. Weitere Einzelheiten sind bei den folgenden Beispielen vermerkt.

δδ) Beispiele für die praktische Nutzung

Die hier erwähnten Fälle können ein Studium der Originalarbeiten nicht ersetzen, sondern lediglich als Hinweise vor allem auf neuere Erfahrungen bei Feldversuchen dienen (vgl. 40, 54, 58). Manche der Experimente konnten nicht erwähnt werden, weil nur von „Biopräparaten" die Rede ist und genaue Angaben über Art und Konzentration der Erreger fehlen.

Pseudomonadales

Melanoplus bivittatus (Say) und andere Heuschrecken. Versuche in Alberta (Kanada), mit in flüssigem Medium ausgebrachten *Pseudomonas aeruginosa* (Schroeter) Migula mehrere schädliche Heuschreckenarten zu infizieren, führten weder bei Eigelegen im Boden noch bei Larven und Imagines zu eindeutigen Ergebnissen (4).

Cacoecia crataegana Hbn. Der an Laubhölzern schädliche Wickler wurde in der Tschechoslowakei mit folgenden Bakterien künstlich infiziert: *Pseudomonas chlororaphis* (Guignard

et Sanvageau) Bergey et al., *P. reptilivora* Saldwell et Ryerson; *Bacillus thuringiensis* var. *dendrolimus* (syn. *Bacillus dendrolimus* Talalaev). Die Erregersuspension, als Aerosol ausgebracht, enthielt 14×10^8 Bakterien/cm³ bei *P. chlororaphis* und 34×10^7/cm³ bei *B. thuringiensis* (Aufwandmenge: 10 l/ha). Die Infektionen gingen alle an, jedoch nur die durch *P. chlororaphis* breitete sich von einer ursprünglichen Infektionsfläche von 1/10 ha auf 60 ha aus (43). Die Sterblichkeit war im Zentrum bestenfalls 60—78 % höher als im unbehandelten Randgebiet.

Eubacteriales

Schistocerca paranensis Burm. zeigte bei einer Gradation in Yukatan (Mexiko) 1909 eine Epizootie durch *Cloaca cloacae* (Jordan) Castellani et Chalmers var. *acridiorum* (syn. *Coccobacillus acridiorum* d'Hérelle und *Aerobacter aerogenes* var. *acridiorum* [d'Hérelle] Steinhaus). Die Seuche breitete sich in den folgenden Jahren weiter aus und verursachte 1912 den Zusammenbruch der Übervermehrung (26, 29). Als ersten Versuch zur Verwendung von Bakterien bei der Schädlingsbekämpfung infizierte d'Hérelle 1912 und 1913 die oben genannten Heuschrecken mit dem von ihm inzwischen isolierten Erreger. Dabei wurde die Pflanzendecke mit Bakterien in Nährlösung gespritzt. Nach einer Inkubationszeit von einer Stunde bis mehreren Tagen zeigten die Tiere, die sich bei Aufnahme des Futters infiziert hatten, Dysenterie und starben an sekundärer Sepsis. Durch Exkremente verunreinigtes Futter und kranke Artgenossen, die häufig gefressen werden, dienten als zusätzliche Infektionsquelle. Ausgedehnte Bekämpfungsversuche in Argentinien (Santa Fé, Cordoba und Rioja) gelangen (27) ebenso wie solche gegen *Schistocerca gregaria* Forsk. in Tunis (28); hier wurden allerdings zusätzlich, zur Beschleunigung der Wirkung, noch mechanische Methoden angewendet. Ähnlich gute Ergebnisse ließen sich in Algier 1914/15 gegen die gleiche Art erzielen (6). Alle weiteren Feldversuche, die von den Nachfolgern d'Hérelle's gegen die genannten und andere Wanderheuschrecken angestellt wurden, blieben jedoch teilweise oder ganz erfolglos (Übersicht bei 57). So wurde die Methode von einer seitens des Argentinischen Landwirtschaftsministeriums eingesetzten Untersuchungskommission als unbrauchbar bezeichnet (42). Die Autoren vermuteten entweder Virulenzverlust der Bakterien oder Immunität der Heuschrecken, als deren Ursache sie das natürliche Vorkommen des von d'Hérelle isolierten oder eines nahe verwandten Bakteriums im Darm dieser Arten annahmen. Nach La Baume (44) kann *C. c.* var. *acridiorum* aber durchaus infektiöse Erkrankungen auch bei peroraler Infektion verursachen, wenn Heuschrecken der Gattung *Schistocerca* durch ungünstige Außenbedingungen entsprechend disponiert werden. Glaser (16) und Steinhaus (58) weisen darauf hin, daß es unbewiesen sei, ob die Nachfolger von d'Hérelle den ursprünglich isolierten Stamm verwendet hätten (da es mehrere Stämme der Bakterienart gibt) und daß eine gleich gute Wirkung gegen die verschiedensten Gattungen der Wanderheuschrecken nicht zu erwarten sei. Offenbar waren zur Zeit der ersten Anwendung und späteren Wiederholung dieser bakteriellen Bekämpfung die Grundlagen der Insektenpathologie noch nicht weit genug entwickelt, um Erfolge und Mißerfolge richtig zu deuten.

Lymantria dispar L. Eine in Zuchten der japanischen Rasse des Schwammspinners beobachtete Bakteriose erwies sich als durch *Streptococcus disparis* Glaser verursacht (17). Die peroral infizierten Tiere leiden erst an einer Diarrhoe, verlieren dann die Fähigkeit zu koordinierter Bewegung und gehen unter kennzeichnender Veränderung der Muskulatur und völliger Desintegration der Gewebe zugrunde (verjauchen). Die auf gewöhnlichem Nähragar leicht züchtbaren Erreger wurden 1918 an 2 Orten im Schwammspinnergebiet von Massachusetts (USA) versprüht und erzeugten einen örtlichen Seuchenausbruch (17).

Verschiedene Lepidoptera. Ein aus der Mehlmotte *(Ephestia kuehniella* Zell.) isolierter Bazillus, von seinem Entdecker benannt *Bacillus thuringiensis* Berliner (7), erwies sich gegen zahlreiche Lepidopteren-Larven als pathogen. Die Gesamtliste der bisher natürlich oder künstlich infizierten Arten nennt rund 60 Spezies. Unter Einbeziehung der als var. *alesti* (Toum. et Vago) und als var. *sotto* (Ishiwata) benannten und zahlreicher unbenannter, aus anderen Raupen isolierter Varietäten umfaßt das bisher bekannte Wirtsspektrum der hier unter dem Sammelnamen *B. thuringiensis* zusammengefaßten Art etwa 50 Lepidoptera, keine

Orthoptera (außer *Carausius morosus* Brunner), fast keine Coleoptera, keine Hymenoptera (außer *Pristiphora erichsonii* [Htg.]) und fast keine Diptera. Besonders genau wurde die Ungefährlichkeit für Bienen geprüft (41). Unter den Lepidopteren erwiesen sich einzelne Arten wie *Lymantria dispar* (L.) und manche Noctuiden als relativ tolerant (21, 24, 40, 60). Bei der großen praktischen Bedeutung dieses Bazillus wurde auch die Warmblüter-Toxizität untersucht. In Versuchen an weißen Mäusen (7), Schafen (7, 8), Kaninchen (46, 59) und Menschen (41, 61) wurde auch bei hohen Dosen keinerlei Schädigung oder Erkrankung beobachtet. Eine umfassende toxikologische Gesamtprüfung (15) führte zu einem vorläufigen Verzicht der U.S. Food & Drug Administration, Toleranzen festzulegen.

Bacillus thuringiensis ist gekennzeichnet durch das regelmäßige Vorkommen eines kristallförmigen, aus Protein bestehenden „Restkörpers" neben der elliptischen bis zylindrischen Spore, die zentral bis terminal in den Stäbchen liegt (22). Die perorale Aufnahme der Kristalle, die als Endotoxin wirken, erzeugt beim Wirtsinsekt (Raupe) eine Darmintoxikation (vgl. 3, a, aa). Die Sporen keimen dann u. U. im Darm des toten Wirtes, und die Vermehrungsphase der Bazillen erfolgt saprophytisch im autolytischen Gewebe (1, 2, 3, 25). Die Raupen werden schlaff, schrumpfen und verfärben sich nach dem Tode bald dunkelbraun. Die Diagnose beruht auf Kulturverfahren (Ausstrich auf Nähragarplatten). Die mikroskopische Untersuchung der Bakterien bezieht sich auf das Vorkommen der Kristalle in den 1,2—1,8×3,0—3,5 μ großen, unbeweglichen Stäbchen, die einzeln oder in Ketten auftreten (Abb. 23). Der Bazillus färbt sich — außer der Spore — gut mit Anilinfarben und ist Gram-positiv. Im Schnittpräparat gute Tingierung der Kristalle mit Eisenhämatoxylin nach Bouin-Fixierung. Kulturverfahren vgl. S. 81.

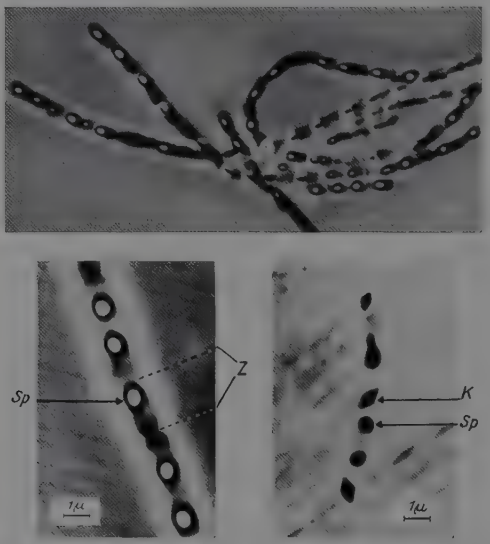


Abb. 23: *Bacillus thuringiensis* Berliner. — Oben: Sporenbildung in kettenförmig zusammenhängenden Zellen. Unten links: Lage der Sporen (Sp) in den Zellen (Z). — Brechungsindex des Einschlußmediums = 1,00; 4000×. Unten rechts: Lage der Sporen (Sp) zu den Kristallen (K); Brechungsindex = 1,38; 4000×. (Aufn. A. KRIEG, Biol. Bundesanst., Darmstadt)

Feldversuche mit *B. thuringiensis* sind seit den ersten Experimenten im Jahre 1929 gegen künstlich erzeugten Befall von *Pyrausta nubilalis* (Hbn.) im Botanischen Garten von Zagreb (10) gegen viele Lepidopterenlarven und meist mit hohem Abtötungserfolg durchgeführt worden. Ebenfalls gegen den Maiszünsler richteten sich Versuche in Ungarn (Keszthely) (11) und in Jugoslawien (Zagreb) (50), bei denen auch verschiedene Varietäten von *B. thuringiensis* mit verwendet wurden (syn. *Bacterium cazaubon* Met., *B. pyrenei* Met. et al., *B. galleriae* Nr. 2 Chorine). Mit *B. thuringiensis* sensu strictu arbeiteten ferner Husz (32, 33, 34) in Ungarn, Tsao et al. (75) in China und York & Brindley (83) in Iowa, USA, erfolgreich, und zwar an natürlichem Befall. Die letztgenannten Autoren gebrauchten die Bakterien an granulierte Trägerstoffe (Maismehl oder Attapulgit[1]) gebunden, so daß die

[1]) Eine neben Montmorillonit und Kaolinit als Trägerstoff für Insektizide verwendete Lehmart.

ausgebrachten Körnchen von oben in die Blattansätze der Maispflanzen fielen, in denen die Raupen fraßen (vgl. auch die Applikation von *Beauveria*-Sporen gegen Maiszünsler, S. 95). Die erzielte Sterblichkeit stieg mit der Dosis an und erreichte z. B. bei den amerikanischen Autoren bei 2, 10 bzw. 50 g Sporen von *B. thuringiensis* je 454 g Maismehl-Granula 46, 63 bzw. 85 %.

Die meisten neueren gelungenen Feldversuche richteten sich gegen Raupen der *Pieridae:* Gegen *Colias philodice eurytheme* Bdv. in Kalifornien, USA, auf Luzernefeldern; Konzentration der Suspension 8 bis 17×10^5 Sporen/cm³, Aufwandmenge 7,5 l für jede Probefläche von 12×48 yards (= ca. 480 m²). Die meisten Raupen starben nach 2—3 Tagen (59). Mit Bodensprühgerät ergab sich eine befriedigende Abtötung bei einer Aufwandmenge von 7,8 und 18,0 ounces Sporenmaterial (etwa 40×10^9 lebende Sporen/g) in 13—16 gal./acre schon nach 2 Tagen, mit 1,8 ounces/acre erst nach 4 Tagen. Beim Versprühen vom Flugzeug brachten 3—4 ounces/acre guten Erfolg. Ältere Larvenstadien starben früher ab (66).

Als günstig erwies sich die Kombination der schnell wirksamen Bakterien mit den noch durchschlagender die Populationsdichte der Raupen senkenden Kernpolyederviren (73). — Gegen *Colias lesbia* Fabr.: Kleinere Feldversuche in Argentinien (14). — Gegen *Pieris rapae* (L.): Bekämpfung auf Kohlfeldern in Hawaii; Dosierung 1,0; 0,5 bzw. 0,25 g Sporen/gal. Wasser (= ca. 6,6; 3,3 bzw. $1{,}65\times10^7$ Sporen/cm³), dazu Triton-B 1956 als Netzmittel oder Weizenmehl als Haftmittel, Suspension mit Handspritze ausgebracht. Ergebnis: Sehr starke Reduktion des Raupenbesatzes auch mit der geringsten Konzentration (Abb. 24) (71). — Gegen *Pieris brassicae* (L.) auf Blumenkohlfeldern in Südfrankreich mit dem Stamm „Anduze" von *B. thuringiensis:* Konzentration 20×10^7 Sporen/cm³, dazu Netzmittel 3,6 ‰; Aufwandmenge 1,4 l/10 m². 100 %ige Mortalität in 14 Tagen, trotz hoher Niederschläge (60 mm) in den 4 Tagen unmittelbar nach dem Versuch (46). — Ähnliche Ergebnisse gegen den gleichen Schädling wurden auch in Deutschland erzielt: Konzentration der wäßrigen, mit Handspritze ausgebrachten Suspension 125×10^6 Sporen/cm³, dazu Methylzellulose als Haftmittel; Aufwand 1,7 l/10 m², völliges Absterben der Raupen (L_3—$_4$) in 6 Tagen (39).

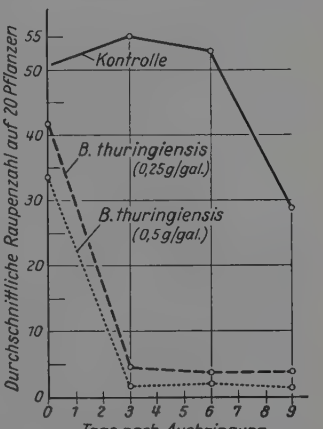


Abb. 24: Sterblichkeit von Raupen des Rapsweißlings (*Pieris rapae* [L.]) im Freiland nach Besprühen mit einer Suspension von Bakteriensporen (*Bacillus thuringiensis* Berliner). (Nach TANADA, 1956 [71])

Ferner liegen Berichte über erfolgreiche Feldversuche mit *B. thuringiensis* gegen folgende Schadinsekten vor: Den Pinienprozessionsspinner (*Thaumetopoea pityocampa* [Schiff.]) (18, 47 a), den Braunen Bär (*Arctia caja* [L.]) an Wein (47 a), die Eulenraupe *Chloridea peltigera* (Schiff.) an Lavendel (47 a) und die Kartoffelmotte (*Gnorimoschema operculella* [Zell.]) (74) in Frankreich; *Harrisina brillians* B. et McD.[2]) an Wein in Kalifornien (20); die Kohlschädlinge *Hellula undalis* (Fabr.)[2]), *Trichoplusia ni* (Hbn.)[2]) und *Plutella maculipennis* (Curt.) in Hawaii (71); *P. maculipennis* in Indonesien, wo die Kohlschabe gegen DDT resistent geworden war (53); die an Tabak schädlichen Sphingiden-Raupen *Protoparce sexta* (Johan.) und *P. quinquemaculata* (Haw.) in North Carolina, USA (56); den Weißen Bärenspinner (*Hyphantria cunea* [Drury]) in Ungarn (35 a) und Jugoslawien (77), wobei die Absterbezeit mit zunehmendem Raupenalter anstieg; die Wachsmotte (*Galleria mellonella* L.) in Deutschland (41); hierbei war die erwähnte Ungefährlichkeit von *B. thuringiensis* gegen Honigbienen (*Apis mellifera* L.) entscheidend. Positiv verliefen ferner Feldversuche gegen *Pectinophora gossypiella* (Saund.) an Baumwolle in Ägypten (51), sowie gegen Kleinschmetterlinge an Wein in Frankreich (*Sparganothis pilleriana* [Schiff.], *Clysia ambiguella* [Hb.] und *Polychrosis botrana* [Schiff.]) (49). In Indien führten Freilandversuche mit einer

[2]) Relativ große Toleranz, daher höhere Dosen notwendig.

Dosis von 3—5000 vegetativen Zellen/inch² zu fast 100 %iger Sterblichkeit von *Adisura atkinsoni* Moore an Lablab *(Dolichos lablab)* (47). Der Sibirische Arvenspinner *(Dendrolimus sibiricus* Tschtv.) wurde in großen, vom Flugzeug aus durchgeführten Aktionen mit einem aus diesem Schädling isolierten Stamm von *B. thuringiensis* (syn. *B. dendrolimus* Talalaev) erfolgreich bekämpft; in den ausgedehnten Befallsflächen entstandene Infektionsherde, die sich vergrößerten, erzielten 65—99 % Sterblichkeit (68, 69, 70). Auch eine gegen *Cacoecia crataegana* ausgebrachte Sporensuspension in Aerosolform hatte lokal guten Erfolg (vgl. S. 83). — Neue, noch unveröffentlichte, positive Versuchsergebnisse liegen vor gegen *Tortrix viridana* L., *Hyponomeuta* sp., und gegen offen fressende Raupen von *Operophtera brumata* (L.). — Interessanterweise verliefen Versuche zur Infektion der Jungraupen von *Carpocapsa pomonella* L. ohne Erfolg, da diese beim Eindringen in den Apfel zu wenig Sporenmaterial aufnehmen (36, 67). Problematisch ist auch der Einsatz von *B. thuringiensis* gegen die Mehlmotte (*Ephestia kuehniella* Zell.). Berichte über Erfolge (35) und Mißerfolge (40, 48) stehen sich gegenüber; vermutlich beeinträchtigt die starke Gespinstproduktion der Raupen die ungehinderte Verteilung und Aufnahme der Sporen.

Zusammenfassend läßt sich also sagen, daß *Bacillus thuringiensis* Berliner im Freiland bisher gegen mehr als 20 Lepidopterenarten mit mittlerem bis meist sehr gutem Erfolg verwendet worden ist. Die übliche Konzentration der wäßrigen Suspension lag, soweit Angaben gemacht worden sind, etwa zwischen 10^6 und 10^8 Sporen/cm³. Es ist zu erwarten, daß die weitere Erprobung neue, empfindliche Raupenarten feststellen wird. Wie die negativ verlaufenen Infektionsversuche zeigen, sind solche Freilanderprobungen mit jedem einzelnen Schädling notwendig, bevor für ihn eine allgemeine Empfehlung ausgesprochen werden kann.

Dem *Bacillus thuringiensis* sehr nahe steht *B. cereus* Fr. et Fr., der sich aber durch Fehlen der kristallinen Einschlüsse unterscheidet. Seine pathogene Wirkung beruht im wesentlichen auf der Produktion von Phospholipase (23). Bei mittlerem Darm-pH (5.0—9.3) gedeiht er besser als bei hohem. Daher ist er gegen viele Lepidopteren, die ein hohes pH im Mitteldarm haben, unwirksam, greift aber Hymenopteren an (z. B. Larven der Lärchenblattwespe *Pristiphora erichsonii* [Htg.]). Ein Feldversuch gegen Jungraupen von *Carpocapsa pomonella* (L.) war erfolglos, aus den gleichen Gründen wie bei *B. thuringiensis* (64). (Übersicht bei 24).

Popillia japonica Newm. Seit 1934 laufen in den Vereinigten Staaten planmäßige Untersuchungen mit dem Ziel, die Erreger der Krankheiten „milky disease A" (*Bacillus popilliae* Dutky) und „milky disease B" (*Bacillus lentimorbus* Dutky) zur Bekämpfung des aus Korea eingeschleppten Japankäfers zu nutzen (5, 80). Beide Bazillen sporulieren, nachdem sie die Darmwand der Larve durchdrungen und sich hinreichend vermehrt haben; man findet sie dann nur in der Hämolymphe. *B. popilliae* verursacht lediglich eine Septikämie, keine Allgemeininfektion. Die sonst farblose Blutflüssigkeit wird im Endstadium durch die Masse der Erreger weiß verfärbt (Name!). Die unbeweglichen Stäbchen schwellen bei der Sporulation spindelförmig an. Neben der Spore ist ein ebenfalls lichtbrechender Körper sichtbar (Abb. 25). Sporangium (1,6× 5,5 μ) und vegetatives Stäbchen (0,9×5,2 μ) färben sich mit Anilinfarben an, nicht dagegen Spore und parasporaler Körper. Bis zum Absterben der Engerlinge dauert es nach der Injektion einige Wochen, bei peroraler Infektion einige Monate, je nach Zustand der Larve und Zuchttemperatur.

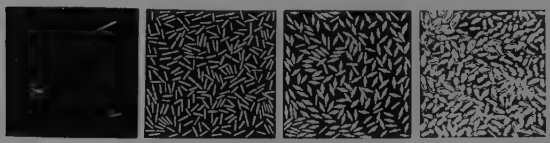


Abb. 25: Halbschematische Darstellung der Entwicklung von *Bacillus popilliae* Dutky in der Hämolymphe. V. l. n. r.: Einwanderung einzelner vegetativer Stäbchen — Inkubations- und Vermehrungsphase — Beginn der Sporenbildung — Sporangien, fertig entwickelt. (Nach BEARD, 1945 [5])

Die Pathologie von *B. lentimorbus* unterscheidet sich in folgendem von der erstgenannten Art: Allgemeininfektion des Engerlings; überwinternde Tiere bleiben nicht, wie bei „milky

disease A", weiß, sondern werden schokoladenbraun. Sie sterben spätestens in der Verpuppungszeit. Sporangien ähnlich wie bei *B. popilliae*, doch ohne parasporale Körper.

Da die Kultivierung sporenbildender Formen auf künstlichem Nährboden bei beiden Arten, wie gesagt, noch nicht gelingt, erfolgt die Sporenproduktion durch Injektion der Engerlinge (vgl. S. 82). Überwiegend wird *B. popilliae* allein oder eine Mischung beider Bakterien verwendet. Das jahrelang haltbare Standardpräparat enthält 10^8 Sporen je 1 g Trägermaterial (Talkum oder inerter Lehm). Die übliche Ausbringungsdosis ist 2 pound/acre (~ 2.25 kg/ha), entweder reihenweise auf den Boden in 2 g-Häufchen alle 0.9 m, Reihenabstand 3 m, oder noch besser in den Boden mit Handgeräten, Sämaschinen oder auch gemischt mit Kunstdünger (19, 79); hierdurch wird die Infektiosität der Erreger nicht vermindert. In den Jahren 1939—1949 wurden rund 148 000 pounds (= 67 200 kg) Standard-Sporenpräparat in den 10 vom Japankäfer am stärksten befallenen Oststaaten der USA ausgebracht (81).

Der Erfolg läßt sich etwa so zusammenfassen (12, 80): Engerlingsschäden auf Rasenflächen und Fraßschäden der Käfer in Parks und Gärten wurden verhindert, Versuchsflächen mit genauer Erfolgskontrolle zeigten eine Engerlingssterblichkeit von über 90 % in 2 Monaten bis 3 Jahren nach der Ausbringung des Präparates. Gleichstarke Verluste traten auf, wo die Seuche auf natürlichem Weg hingelangte, z. B. durch Räuber (Kleinsäuger und Vögel, in denen bei der Darmpassage die Sporen nicht geschädigt werden) (5). Auch die Käfer selbst verschleppen die Krankheit. Die Wirksamkeit importierter Parasiten (*Tiphia vernalis* Rohw.) wird durch sie ebenfalls nicht gemindert (78). Gegenwärtig richtet sich das weitere Bekämpfungsprogramm vor allem gegen die Randzonen der Schadgebiete, um dort von vornherein das Entstehen großer Kalamitäten zu verhindern. Es hat sich als günstig erwiesen, gemeindeweise vorzugehen. Aus Kostengründen hat sich das mikrobiologische Verfahren vor allem auf wertvollem Gelände wie Parks, Golfplätzen und Intensivkulturen eingebürgert. Die natürliche Ausbreitung der Seuche geht bei hoher Engerlingsdichte am raschesten.

Amphimallon majalis (Raz.), ebenfalls ein eingeschleppter und im Staat New York der USA schädlicher Scarabaeide, erwies sich im Infektionsversuch empfindlich gegen verschiedene Stämme von *Bacillus popilliae* Dutky und *B. lentimorbus* Dutky. Auch im Freiland traten „milky disease"-Fälle an den Engerlingen auf, und zwar in warmen Gebieten zahlreicher als in kühlen. Die künstliche Verbreitung besonders virulenter Stämme ist geplant (72).

Melolontha melolontha (L.): Der Maikäfer-Engerling wird zwar während seiner Entwicklung von vielen Krankheiten, darunter Bakteriosen, befallen (9, 31, 37). Auch Rickettsiosen spielen örtlich eine bedeutende Rolle (52). Freilandexperimente mit diesen Erregern sind jedoch, abgesehen von Pilzinfektionen (vgl. 3, a, cc, ε), selten. Kürzlich in der Schweiz durchgeführte Versuche zur künstlichen Infektion von Engerlingen aller Stadien im Freiland mit sporenbildenden Bakterien (*Bacillus* spec.)[3]) führten zu einer Mortalitätszunahme von 41.8 bis 59.4 % in 7—15 Wochen (Konzentration 17 bis 30×10^6 Sporen/cm³, Aufwand 3 l/m²). Kombinierte Verwendung von Bakterien und Pilzen steigerte den Erfolg nicht (82).

Literatur zu 3, a, cc, δ

1. Angus, T. A.: The reaction of certain lepidopterous and hymenopterous larvae to *Bacillus sotto* toxin. Canad. Entomologist, *88*, 280—283, 1956. — 2. Angus, T. A.: Association of toxicity with protein-crystalline inclusions of *Bacillus sotto* Ishiwata. Canad. J. Microbiol., *2*, 122—131, 1956. — 3. Angus, T. A., & A. M. Heimpel: An effect of *Bacillus sotto* on the larvae of *Bombyx mori*. Canad. Entomologist, *88*, 138—139, 1956.

4. Baird, R. B.: Field experiments with *Pseudomonas aeruginosa* (Schroeter) Migula to control grasshoppers. Canad. Entomologist, *90*, 89—91, 1958. — 5. Beard, R. L.: Studies on the milky disease of Japanese beetle larvae. Connecticut agric. Exp. Stat. Bull. 491, 503—583, 1945. — 6. Beguet, M., L. Musso & E. Sergent: Troisième campagne contre les acridiens (*Schistocerca peregrina* Ol.) en Algérie au moyen du *Coccobacillus acridiorum* d'Hérelle. Bull. Soc. Path. exot., Paris, *8*, 634—637, 1915. — 7. Berliner, E.: Über die Schlaffsucht der Mehlmottenraupe (*Ephestia kuehniella*, Zell.) und ihren Erreger, *Bacillus thuringiensis*, n. sp. Z. angew. Ent. *2*, 29—56, 1915. — 8. Berliner, E.: Gibt es die Möglichkeit einer biologischen Bekämpfung der Mehlmotte in Mühlen? Dtsch. Müller-Ztg. *52*, 305,

[3]) Die Art wurde von den Autoren nicht beschrieben bzw. bestimmt; Sporulation terminal.

1954. — **9.** Blunck, H.: Natürliche Feinde und biologische Bekämpfung der Maikäferengerlinge. Z. Pflkrankh. *49*, 338—381, 1939.

10. Chorine, V.: On the bacteria in the fight against the corn borer. Int. Corn Borer Invest., Sci. Rpts. *3*, 94—98, 1930. — **11.** Chorine, V.: Sur l'utilisation des microbes dans la lutte contre la pyrale du mais. Ann. Inst. Pasteur, Paris *46*, 326—336, 1931. — **12.** Clausen, C. P.: Biological control of insect pests in the continental United States. US-Dept. Agric., Tech. Bull (1139), 151 pp. 1956.

13. Dutky, S. R.: Method for the preparation of spore-dust mixtures of type A milky disease of Japanese beetle larvae for field inoculation. US-Dept. Agric. Bur. Ent., Plant Quar., Washington ET-192, 1—10, 1942.

14. Faldini, J. D., & J. A. Pastrana: *Bacillus thuringiensis* B. como agente entomofago de *Colias lesbia* F. Rev. argent. Agron., *19*, 154—165, 1952. — **15.** Fisher, R., & L. Rosner: Toxicology of the microbial insecticide, Thuricide. J. Agric. Food Chemistry *7*, 686—688, 1959.

16. Glaser, R. W.: A systematic study of the organisms distributed under the name of *Coccobacillus acridiorum* d'Hérelle. Ann. ent. Soc. Amer. *11*, 19—42, 1918. — **17.** Glaser, R. W.: A new bacterial disease of gypsy-moth caterpillars. J. agric. Res. *13*, 515—522, 1918. — **18.** Grison, P., & S. Béguin: Premiers essais sur une méthode d'emploi et sur l'efficacité de *Bacillus cereus* contre les chenilles processionnaires. Compt. rend. Acad. Agric., France *40*, 413—416, 1954.

19. Hadley, C. H.: Milky disease for control of Japanese beetle grubs. US-Dept. Agric. Bur. Ent., Plant Quar., Washington EC-4, 8 pp., 1948. — **20.** Hall, I. M.: The use of *Bacillus thuringiensis* Berliner to control the western grapeleaf skeletonizer. J. econ. Ent. *48*, 675—677, 1955. — **21.** Hall, I. M., & P. H. Dunn: Susceptibility of some insect pests to infection by *Bacillus thuringiensis* Berliner in laboratory tests. J. econ. Ent. *51*, 296—298, 1958. — **22.** Hannay, C. L.: Crystalline inclusions in aerobic spore forming bacteria. Nature *172*, 1004, 1953. — **23.** Heimpel, A. M.: Investigations of the mode of action of strains of *Bacillus cereus* Fr. and Fr. pathogenic for the larch sawfly, *Pristiphora erichsonii* (Htg.) Canad. J. Zool. *33*, 311—326, 1955. — **24.** Heimpel, A. M., & T. A. Angus: Recent advances in the knowledge of some bacterial pathogens of insects. Proc. 10. Int. Congr. Ent. (Montreal, 1956) *4*, 711—722, 1958. — **25.** Heimpel, A. M., & T. A. Angus: The site of action of crystalliferous bacteria in Lepidoptera larvae. J. Insect Path. *1*, 152—170, 1959. — **26.** d'Hérelle, F.: Sur une épizootie de nature bactérienne sévissant sur les sauterelles au Mexique. Compt. rend. Acad. Sci., Paris, *152*, 1413—1415, 1911. — **27.** d'Hérelle, F.: Le coccobacille des sauterelles. Ann. Inst. Pasteur, Paris *28*, 280—328, 387—407, 1914. — **28.** d'Hérelle, F.: La campagne contre les sauterelles en Tunisie. Bull. Soc. Path. exot., Paris *8*, 629—633, 1915. — **29.** d'Hérelle, F.: Sur le procédé biologique de destruction des sauterelles. Compt. rend. Acad. Sci., Paris, *161*, 503—505, 1915. — **30.** Hinshelwood, C. N.: The chemical kinetics of the bacterial cell. Oxford (Clarendon Press) 1947. — **31.** Hurpin, B., & C. Vago: Les maladies du Hanneton commun (*Melolontha melolontha* L.) (Col. Scarabaeidae). Entomophaga, *3*, 285—330, 1958. — **32.** Husz, B.: On the use of *Bacillus thuringiensis* in the fight against the corn borer. Int. Corn Borer Invest., Sci. Rpts., 2, 99—105, 1929. — **33.** Husz, B.: Field experiments on the application of *Bacillus thuringiensis* against the corn borer. Int. Corn Borer Invest., Sci. Rpts. *3*, 91—93, 1930. — **34.** Husz, B.: Experiments during 1931 on the use of *Bacillus thuringiensis* Berl. in controlling the corn borer. Int. Corn Borer Invest., Sci. Rpts. *4*, 22—23, 1931.

35. Jacobs, S. E.: Bacteriological control of the flour moth, *Ephestia kuehniella* Z. Proc. Soc. applied Bact., *13*, 83—91, 1950.

35 a. Klement, Z.: Further experiments on the use of *Bacillus thuringiensis* for biological control of *Hyphantria cunea* Drury. Ann. Hung. Plant Prot. Inst. (1951), *6*, 177—183, 1953 (Orig. ungarisch). — **36.** Krieg, A.: 1955 (unveröff. Beob.). — **37.** Krieg, A.: Über Infektionskrankheiten bei Engerlingen von *Melolontha* spec. unter besonderer Berücksichtigung einer Microsporidien-Erkrankung. Zentralbl. Bakt., II. Abt., *108*, 535—538, 1955. — **38.** Krieg, A.: Adaptationen bei Mikroorganismen als Spezialfall des Differenzierungsproblems. Z. Biol., *108*, 336—340, 1956. — **39.** Krieg, A.: Über die Möglichkeit einer Bekämpfung des Kohlweißlings *(Pieris brassicae)* durch künstliche Verbreitung einer Bakteriose. Z. Pfl.-krankh., *64*, 321—327, 1957. — **40.** Krieg, A.: Grundriß der Insektenpathologie. Viren-, Rickettsien- und Bakterien-Infektionen. Dr. D. Steinkopff Verlag, Darmstadt, 304 pp., 1960. — **41.** Krieg, A., & J. Franz: Versuche zur Bekämpfung von Wachsmotten mittels Bakteriose. Naturwissenschaften *46*, 22—23, 1959. — **42.** Kraus, R.: Zur Frage der Bekämpfung der Heuschrecken mittels des *Coccobacillus acridiorum* d'Hérelle. Zentralbl. Bakt., II. Abt.

45, 594—599, 1916. — **43.** Kudler, J., O. Lysenko & R. Hochmut: Versuche mit der Anwendung von einigen bakteriellen Suspensionen gegen den Wickler *Cacoecia crataegana* Hb. Trans. 1. Conf. Ins. Path. Biol. Contr. (Praha, 1958), 73—79, 1959.

44. La Baume, W.: Biologie der marokkanischen Wanderheuschrecke. In: Die Heuschreckenplage und ihre Bekämpfung. Monogr. angew. Ent., Berlin *3*, 273—274, 1918. — **45.** Leiner, M.: Die enzymatische Anpassung bei Mikro-Organismen ohne Veränderung des Erbgutes. Naturwiss. Rundschau, *10*, 211—218, 1957. — **46.** Lemoigne, M., A. Bonnefoi, S. Béguin, P. Grison, D. Martouret, A. Schenk & C. Vago: Essais d'utilisation de *Bacillus thuringiensis* Berliner contre *Pieris brassicae* L. Entomophaga *1*, 19—34, 1956.

47. Majumder, S. K., M. Muthu & S. V. Pingale: Bacterial control of insects. I. Studies on the field control of the Lablab pod-boring caterpillar. Indian J. Ent., *18*, 397—407, 1957. — **47 a.** Martouret, D.: Applications diverses et normes d'utilisation de *Bacillus thuringiensis* Berliner, souche „Anduze". Entomophaga *4*, 211—220, 1959. — **48.** Mattes, O.: Parasitäre Krankheiten der Mehlmottenlarve und Versuche über ihre Verwendbarkeit als biologisches Bekämpfungsmittel. Sitzber. Gesell. Beförder. gesam. Naturw. Marburg, *62*, 381—417, 1927. — **49.** Metalnikov, S.: Utilisation des microbes dans la lutte contre les insectes nuisibles. Compt. rend. Acad. Agric., France, *24*, 652—660, 1938. — **49 a.** Metalnikov, S., & V. Chorine: Experiments on the use of bacteria to destroy the corn borer. Intern. Corn Borer Invest., Sci. Rpts., *2*, 54—59, 1929. — **50.** Metalnikov, S., B. Hergula & D. M. Strall: Experiments on the application of bacteria against the corn borer. Int. Corn Borer Invest., Sci. Rpts., *3*, 148—151, 1930. — **51.** Metalnikov, S., & S. S. Metalnikov jr.: Utilisation des bactéries dans la lutte contre les insectes nuisibles aux cotoniers. Compt. rend. Soc. Biol., Paris, *113*, 169—172, 1933.

52. Niklas, O. F.: Freiland- und Laboratoriumsbeobachtungen über Auftreten und Auswirkungen einer Rickettsiose von Maikäfer-Engerlingen (*Melolontha* spec.). Verh. 4. Int. Pflsch.-Kongr. (Hamburg, 1957), *1*, 891—894, 1959.

53. Oka, I. N.: Laboratory experiments on the control of *Plutella maculipennis* Curt. with *Bacillus thuringiensis* Berl. Tehnik Pertanian, *6*, 113—134, Bogor 1957.

54. Paillot, A.: Les maladies bactériennes des insectes. Utilisation en agriculture des bactéries entomophytes. Ann. Epiphyties, Paris, *8*, 95—291, 1921. — **55.** Paillot, A.: L'infection chez les insectes. Immunité et symbiose. Imprimerie de Trévoux, 535 pp. 1933.

56. Rabb, R. L., E. A. Steinhaus & F. E. Guthrie: Preliminary tests using *Bacillus thuringiensis* Berliner against hornworms. J. econ. Ent., *50*, 259—262, 1957.

57. Sachtleben, H.: Biologische Bekämpfungsmaßnahmen. Handb. d. Pflkrankh., *VI*, 2. Halbband, P. Parey, Berlin, 1—120, 1941. — **58.** Steinhaus, E. A.: Principles of Insect Pathology. McGraw-Hill Book Comp., New York, Toronto, London, 757 pp., 1949. — **59.** Steinhaus, E. A.: Possible use of *Bacillus thuringiensis* Berliner as an aid in the biological control of the alfalfa caterpillar. Hilgardia, Berkeley, *20*, 359—381, 1951. — **60.** Steinhaus, E. A.: List of insects and their susceptibility to *Bacillus thuringiensis* Berliner and closely related bacteria. Lab. of Insect Path., Dep. Biol. Contr., Univ. Calif., Berkeley, Mimeographed Series No. 4, 1—24, 1957. — **61.** Steinhaus, E. A.: Bacteria as microbial control agents. Trans. 1. Conf. Ins. Path. Biol. Contr. (Praha, 1958), 37—50, 1959. — **62.** Steinkraus, K. H.: Studies on the milky disease organisms. I. Parasitic growth and sporulation of *Bacillus popilliae*. J. Bact., Baltimore, *74*, 621—624, 1957. — **63.** Steinkraus, K. H.: Studies on the milky disease organisms. II. Saprophytic growth of *Bacillus popilliae*. J. Bact., Baltimore, *74*, 625—632, 1957. — **64.** Stephens, J. M.: Spore coverage and persistence of *Bacillus cereus* Frankland and Frankland sprayed on apple trees against codling moth. Canad. Entomologist, *89*, 94—96, 1957. — **65.** Stephens, J. M.: Survival of *Pseudomonas aeruginosa* (Schroeter) Migula suspended in various solutions and dried in air. Canad. J. Microbiol., *3*, 995—1000, 1957. — **66.** Stern, V. M., I. M. Hall & G. D. Peterson: The utilization of *Bacillus thuringiensis* Berliner as a biotic insecticide to suppress the alfalfa caterpillar. J. Insect Path., *1*, 142—151, 1959.

67. Tadić, M., & L. Vasiljević: Results of laboratory investigations of pathogenous effect of some bacteria upon *Carpocapsa pomonella*. Zaštita bilja (38), 71—75, 1956 (Orig. serbokroatisch). — **68.** Talalaev, E. V.: Septicemia of the caterpillars of the Siberian silk-worm. Microbiology, Moscow, USSR, *25*, 99—102, 1956 (Orig. russisch). — **69.** Talalaev, E. V.: Bacteriological method of controlling the Siberian moth *(Dendrolimus sibiricus)*. Lesn. Choz. *10* (1), 36—37, 1957 (Orig. russisch). — **70.** Talalaev, E. V.: Artificial induction of septicemia epizootics in the larvae of *Dendrolimus sibiricus* Tschtv. (Lepidoptera, Lasiocampidae). Rev. Ent. USSR, *37*, 641—652, 1958. — **71.** Tanada, Y.: Microbial control of some lepidopterous pests of crucifers. J. econ. Ent., *49*, 320—329, 1956. — **72.** Tashiro, H.:

Susceptibility of European chafer and Japanese beetle larvae to different strains of milky disease organisms. J. econ. Ent., *50*, 350—352, 1957. — **73.** Thompson, C. G.: The use of certain entomophagous microorganisms to control the alfalfa caterpillar. Proc. 10. Int. Congr. Ent. (Montreal, 1956), *4*, 693, 1958. — **74.** Toumanoff, C., & P. Grison: Études préliminaires sur l'utilisation des bactéries et champignons entomophages contre les insectes nuisibles. Compt. rend. Acad. Agric., France, *40*, 277—281, 1954. — **75.** Tsao, C., P. H. Chia & P. H. Lin: Top-dressing of spore suspension of *Bacillus thuringiensis* to corn leaf whorls as a measure of biological control of the corn borers *(Pyrausta nubilalis)*. Acta Ent. Sinica, *5*, 349—350, 1955 (Orig. chinesisch).

76. Vanková, J.: Study of the effect of *Bacillus thuringiensis* on insects. Fol. Biol. ČSR, *3*, 175—182, 1957. — **77.** Vasiljević, A.: Pathogenic effect of some species of bacteria on the fall webworm (*Hyphantria cunea* Drury). Mem. Inst. Plant Prot. (Beograd), *7*, 77 pp., 1957 (Orig. serbokroatisch).

78. White, R. T.: Effect of milky disease on *Tiphia* parasites of Japanese beetle larvae. J. New York ent. Soc. *51*, 213—218, 1943. — **79.** White, R. T.: Application of milky disease spore dust with a commercial fertilizer. J. econ. Ent., *41*, 113—114, 1948. — **80.** White, R. T., & S. R. Dutky: Effect of the introduction of milky disease on populations of Japanese beetle larvae. J. econ. Ent., *33*, 306—309, 1940. — **81.** White, R. T., & P. J. McCabe: Colonization of the organism causing milky disease of Japanese beetle larvae, 1939—1949. US-Dept. Agric. Bur. Ent., Plant Quar., Washington E-816, 10 pp., 1951. — **82.** Wikén, T., P. Bovey, H. Wille & T. Wildbolz: Über die Ergebnisse der in der Schweiz im Jahre 1953 durchgeführten Freilandversuche zur mikrobiologischen Bekämpfung des Engerlings von *Melolontha melolontha* L. (= *Melolontha vulgaris* F.). Z. angew. Ent., *36*, 1—19, 1954.

83. York, G. T., & T. A. Brindley: Control of the European corn borer with the fungus, *Beauveria bassiana* and the bacterium, *Bacillus thuringiensis*. Ph. D. Thesis Iowa State College (1958), Diss. Abstr., *19*, 397—398, 1958.

ε) *Verwendung insektenpathogener Pilze*

αα) Typen und Vermehrung insektenpathogener Pilze

Pilze *(Fungi)* bestehen aus chlorophyllosen Zellen mit meist mehreren, schwer sichtbaren Kernen. Sie wachsen sehr oft als fädige Hyphen von etwa 3—10 μ Dicke und bilden zu ihrer Verbreitung Sporen, die häufig auch zugleich Dauerformen sind; die üblichsten vegetativen Vermehrungskörper werden als Konidien bezeichnet. Sexuelle und vegetative Vermehrung kann nebeneinander stattfinden. Die systematische Einteilung geschieht nach der Art der Sporenbildung und der Sporenform. Pilze, deren Hauptfruchtform unbekannt ist, werden zu den *Fungi imperfecti* gestellt. Wegen der Einzelheiten der Systematik und der zahlreichen Bezeichnungen für die verschiedenen Teile eines Pilzes sei auf die spezielle mykologische Literatur verwiesen. Insektenpathogene Pilze finden sich in zahlreichen Gattungen, bei den *Phycomycetes* (z. B. unter den Entomopthoraceae), bei den *Ascomycetes* (z. B. unter den *Laboulbeniales* und bei *Cordyceps*), bei den *Basidiomycetes* (z. B. *Septobasidium*) und vor allem bei den *Fungi imperfecti*, z. B. in den Gattungen *Aspergillus*, *Beauveria*, *Metarrhizium*, *Spicaria* u. a. m. Einiges über die Verwendung dieser Pilze zur Erzeugung von Pilzkrankheiten (Mykosen) von Insekten ist zusammenfassend dargestellt z. B. bei Picard (40), Lakon (25), Sachtleben (45), Steinhaus (56) und Sweetman (58), für die neuere Zeit bei Baird (2) und Müller-Kögler (34).

Wie schon im geschichtlichen Abriß (S. 6) erwähnt, verwendet man Pilze schon seit 80 Jahren in der biologischen Bekämpfung. Das inzwischen angefallene Beobachtungsmaterial ist so umfangreich, daß hier nur versucht werden kann, einige Prinzipien der Wirkungsweise und praktischen Nutzung zu schildern, ohne auf Einzelfälle ausführlich einzugehen. Auf die genannten Übersichtsberichte sei ausdrücklich verwiesen.

ββ) Infektion und Pathologie

Die Erzeugung von Mykosen gehört zu den mikrobiologischen Verfahren, weil die Erreger in das Gebiet der Mikrobiologie fallen und das Infektionsmaterial, die Sporen und Konidien, mikroskopisch kleine, meistens einzellige Gebilde sind. Die Konidien der *Fungi imperfecti* sind recht unterschiedlich, oft nur 2—3 μ groß und werden von Wind und Regen verbreitet. Die von den Konidienträgern der Entomophthoraceen abgeschleuderten Konidien fliegen nicht weit (Abb. 26), werden aber von geflügelten Stadien der Blattläuse und anderen beweglichen Wirten verschleppt (28). Der übliche Infektionsweg ist ein aktives Einwandern der Keimhyphen durch die Kutikula (parenterale Infektion, in diesem Fall perkutan), seltener durch Körperöffnungen wie Stigmen (perstigmal). Auch perorale Infektionen scheinen vorzukommen, sind aber nur selten mit der wünschenswerten Sicherheit nachgewiesen. Wenn Hyphen die Körperwand durchdringen, bevorzugen sie dünne Stellen; oft dürfte Chitinase an der Auflösung der Kutikula beteiligt sein (z. B. bei *Metarrhizium anisopliae* [Metsch.] Sorok. [38]). Im Innern des Wirtes zeigt der genannte Pilz besondere Affinität zum Fettkörper. Die meisten Arten verschonen Darm und Tracheen bis zuletzt, durchdringen aber sonst den Wirt ganz und führen zu einer generellen Mykose. Lokalisierte Infektionen kommen nur bei weniger pathogenen Arten vor. Auch der Anteil der verschiedenen Blutzellen verändert sich während der Infektion (z. B. durch *Beauveria bassiana* [Bals.] Vuill. und durch *M. anisopliae* in Larven von *Cleonus punctiventris* [Germ.] [60]). — Das eigentliche Absterben erfolgt dann, wenn der größte Teil des Wirtes vom Pilzmycel durchwuchert ist und die Vermehrung von Pilzzellen im Blut den Kreislauf unterbindet. Toxine dürften in manchen Fällen an der Gesamtwirkung ebenfalls beteiligt sein.

Abb. 26: Rings um eine tote *Musca domestica* L. abgeschleuderte Konidien von *Empusa muscae* Cohn. (Orig.)

Nach der geschilderten parasitischen Phase der uns hier interessierenden pathogenen Arten folgt eine saprophytische, in der sie bei hoher Luftfeuchtigkeit auf dem Kadaver des Wirtsinsektes wachsen und fruktifizieren. Sind die Außenbedingungen noch ungünstig, verbleibt das Myzel im Wirt und wächst erst später unter besseren Bedingungen aus ihm heraus. Auch dabei werden bestimmte, dünnhäutige Regionen der Außenhaut leichter durchdrungen (Abb. 27). Die spezialisierten entomophagen Pilze sind in dem Sinne obligate Parasiten, daß sie in der Natur stets Insekten zur weiteren Entwicklung und Vermehrung benötigen (z. B. Arten der Gattungen *Entomophthora, Empusa, Tarichium, Massospora, Cordyceps).* Manche Arten (wie *Aspergillus versicolor* [Vuill.] Tirab.) sind dagegen fakultative

Parasiten und nicht auf Insektenwirte angewiesen. — Wie sehr die Virulenz insektenpathogener Pilzarten und -stämme von Außenbedingungen beeinflußt wird, ist noch nicht hinreichend geklärt. Befunden, die für eine Abhängigkeit vom Kulturmedium und der Art der Kultivierung sprechen, stehen andere, diesen widersprechende gegenüber (Beispiele bei 34). Nach verbreiteter Ansicht bessert sich die Virulenz nach Passage durch geeignete Wirte. Neuerdings ist es auch gelungen, virulentere Stämme von *Beauveria bassiana* durch Einwirkung chemischer und physikalischer Faktoren (DDT, UV-Bestrahlung) zu erhalten (12). Ob sich anläßlich einer Epizootie durch die dabei gegebene Möglichkeit zu verstärkter Neukombination der Erbanlagen wirklich pathogenere Rassen herausbilden, die dann den oft schlagartigen Zusammenbruch einer Wirtspopulation verursachen (29), bleibt noch experimentell zu beweisen.

Abb. 27: Aus einem Engerling von *Melolontha* spec. im Laufe von 2 (oben), 6 (Mitte) und 12 (unten) Tagen herausgewachsenes Mycel von *Beauveria tenella* (Delacr.) Siem. Auffällig ist das erste Erscheinen des Pilzes an den dünnsten Kutikularpartien von Kopf und Gliedmaßen sowie an den Stigmen. (Orig.)

Zusätzlich zu den bereits im allgemeinen Abschnitt angegebenen Infektionsbedingungen (s. S. 36) sei hier erwähnt, daß Temperatur, relative Luftfeuchtigkeit und — bei Bodenbewohnern — Bodenart gerade für das Zustandekommen von Mykosen sehr wichtig sind. Die Temperaturabhängigkeit des Wachstums und der Infektionsgeschwindigkeit läßt sich in einer Optimumkurve darstellen (z. B. für *Metarrhizium anisopliae* Optimaltemperatur: 25—30° C, Maximum: etwa 32 bis 33° C, Minimum etwa 10° C [27]). *Beauveria tenella* (Delacr.) Siem. wächst als Bodenpilz noch bei tieferen Temperaturen als *B. bassiana* (1). Im allgemeinen sind für entomophage Pilze niedere Temperaturen weniger gefährlich als hohe; der Infektionserfolg nimmt bei vielen mit ansteigenden Temperaturen bis zum Optimum des Pilzes zu. — Die schon erwähnte Abhängigkeit einer Pilzinfektion von hoher Luftfeuchtigkeit bezieht sich nur auf die engste Umgebung der keimenden Spore. Die Luftschicht unmittelbar an dem Wirt und der Futterpflanze kann z. B. bei stark transpirierenden Laubhölzern noch hoch sein, wenn die übrige Luft schon trocken ist. So ergeben sich z. B. bessere Infektionserfolge als auf Kiefern auf Eichen (21) oder in Be-

ständen mit dichtem Kronenschluß (13). Die mikroklimatischen Bedingungen sind bei Mykosen von Arten wie *Pyrausta nubilalis* (Hbn.) entscheidend, die, in relativ trockenen Gebieten lebend, doch durch ihr Fressen in den Blattachseln vom Mais ein feuchtes Habitat bewohnen, in dem sich Regen und Tau ansammeln (65). — Bodeneigenschaften wie Humusgehalt, Wasserführung, Struktur usw. vermögen die Infektionserfolge von Bodenpilzen stark zu beeinflussen. So erliegen gleichen Sporenmengen von *Beauveria tenella* relativ viel mehr Engerlinge von *Melolontha*-Arten in humusreichen als in sandigen Böden (47, 49). In trockenen Jahren können *B. tenella*-Epizootien in schweren Böden auftreten, vermutlich, weil diese dann besser durchlüftet sind (6).

γγ) Immunität und Resistenz

Der Wirt ist, wie eingangs schon näher besprochen wurde, keineswegs nur passiv am Infektionsgeschehen beteiligt. Aktive Abwehrmechanismen, vor allem Phagozytose, kommen auch bei Mykosen vor (z. B. bei Noctuidae, die durch *Sorosporella uvella* [Krass.] infiziert sind) (54). Im allgemeinen kann eine Phagozytose die weitere Ausbreitung der Infektion aber offenbar nicht verhindern. — Resistenz als angeborene Unempfindlichkeit ist von vielen Insektenarten gegenüber den genannten mehr oder weniger spezifischen Pilzen bekannt. Je nach der Disposition des Wirtes ist seine natürliche Widerstandskraft (Toleranz) gegen Infektionen verschieden groß. Überwinternde *Eurygaster integriceps* Put. sind z. B. weniger empfindlich gegen *Beauveria bassiana*-Infektionen als fressende Stadien (57). Ältere Raupenstadien erliegen natürlichen Epizootien häufiger als junge, während ältere Kartoffelkäferlarven (*Leptinotarsa decemlineata* [Say]) und -imagines unempfindlicher gegen *Beauveria bassiana* sind als junge Larven (50). Witterungsfaktoren dürften auch indirekt fördernd auf Seuchenausbrüche wirken, indem sie die Widerstandskraft von Insekten herabsetzen (z. B. naßkaltes Wetter bei *Dendrolimus pini* L.) (63). Allen diesen Untersuchungen fehlt jedoch eine quantitative Ermittlung der LD_{50} des Erregers, so daß alle Folgerungen über Disposition des Wirtes und Virulenz des Erregers etwas hypothetischen Charakter haben.

δδ) Diagnose, Isolierung und Kultur

Die Bestimmung von pilzlichen Krankheitserregern beruht auf Unterschieden in Bildung und Form sexueller und/oder asexueller Sporen sowie der Organe, an oder in denen sie entstehen. Finden sich auf der Kutikula der toten Wirte keine fruktifizierenden Myzelien, so legt man die Kadaver in eine feuchte Kammer, in der das Myzelwachstum gefördert wird. Wachsen unbekannte oder nicht typisch insektenpathogene Arten, muß ihre Erregernatur durch Isolierung und Infektion erst bewiesen werden (vgl. S. 41). Die Bestimmung insektenpathogener Pilze bis zur Gattung ist zumeist nicht allzu schwierig. Die Artdiagnose stößt aber heute auf große Hindernisse, da kein neues Bestimmungswerk für alle wichtigen Gruppen existiert und nur wenige monographische Bearbeitungen einzelner Gattungen vorliegen (Übersicht bei 34). Zudem gibt es viel zu wenig Spezialisten für diesen Zweig der Mykologie.

Isolierung: Oft zur Determination, immer zur Massenproduktion eines Erregers muß man diesen erst isoliert haben. Je nach der Pilzart, deren Isolierung und Kultur versucht wird, eignet sich hierzu ein bestimmter Nährboden am besten.

Für viele *Fungi imperfecti* genügen die üblichen mykologischen Nährböden wie Malzextrakt-Agar, mit oder ohne Peptonzusatz. Isolationsnährböden empfehlen sich, um die Erreger von verunreinigenden Pilzen (z. B. *Mucor*) und Bakterien zu trennen. Bewährt hat sich dabei z. B. Rindergallen-Bengalrosa-Agar (34); für die besonders anspruchsvollen Entomophthoraceen eignen sich Nährböden mit Eidotter o. a. eiweißhaltigen Substraten (Übersicht bei 33). Das Weiterführen einmal isolierter Kulturen erfordert ein regelmäßiges Überimpfen. Eventuell können Passagen durch den Wirt zum „Auffrischen" des Stammes erforderlich sein. Da Sporenbildung und Virulenz von Außenfaktoren abhängen, wird man Massenkulturen am besten auf konstanten bewährten Medien unter gleichen Bedingungen vornehmen.

εε) Massenproduktion

Massenkulturen insektenpathogener Pilze sind nur rentabel, wenn sie auf billigen und einfach herzustellenden Nährböden möglich sind. Als solche haben sich z. B. für *Beauveria bassiana* bewährt: Kartoffelbrei, Haferflockenmedium, Maisbrei, Sojabohnenbrei u. a. Schaerffenberg (50) bevorzugt einen sehr nährstoffreichen Nährboden aus Malzextrakt-Agar mit 3 % Pepton. Wie bei den Kleinkulturen stellen auch hier die spezialisierten Pilze besondere Ansprüche. Von solchen anspruchsvollen Arten haben Hall & Dunn kürzlich *Entomophthora*-Arten, vor allem *E. exitialis* Hall et Dunn, auf Sabouraud-Dextrose-Agar unter Zugabe von Vitaminen, Proteinen usw. in Form eines kombinierten „breakfast"-Präparates kultiviert (19). Kulturgefäße waren in diesem Falle Pappbecher, während sonst gewöhnlich Petrischalen, Glaskolben oder Tabletts verwendet werden. Die Ernte der Sporen erfolgt durch Abpinseln, Absieben oder Absaugen, wobei allerdings zur Vermeidung von Staubexplosionen das Arbeiten mit Saugapparaten nur in CO_2-Atmosphäre zu empfehlen ist. Die Sporenerträge sind sehr unterschiedlich. Bei *Beauveria bassiana* liegen sie nach Literaturangaben bei 0.1—1.0 g je Petrischale mit 9 cm ⌀, bei 3 g je Glasschale mit 20 cm ⌀. Auch die Lagerfähigkeit der Erreger schwankt stark. Während Konidien der Entomophthoraceen nur wenige Tage infektionstüchtig bleiben und daher die Anlage der Massenkultur zeitlich genau auf das Erscheinen der Wirte abgestimmt werden muß, lassen sich Sporen von *B. bassiana* und *Metarrhizium anisopliae* 1—3 Jahre (nach anderen Berichten jedoch kürzer) lagern. Kühle Aufbewahrung ist auf jeden Fall zu empfehlen. Leicht prüfbar ist nach verschieden langer Lagerung die Keimfähigkeit (auf Objektträger-Kulturen), schwieriger aber die Infektiosität, die aber eventuell durch das Lagern schneller zurückgeht als erstere (3).

ζζ) Verbreitung

Die natürliche Ausbreitung der Erreger war oben schon besprochen worden. Eine Pilzseuche setzt Umweltbedingungen voraus, die immer wieder Neuinfektionen erlauben (vgl. S. 46). Hierzu gehören eine relativ hohe Wirtsdichte und — wenigstens zeitweise — günstige Feuchtigkeitsbedingungen für die Infektion des Wirtes, dann aber auch für das Auswachsen des Myzels aus den Insektenleichen. Bei *Empusa aphidis* Hoffm. bilden sich Konidien bereits in einer Nacht mit mindestens 90 % relativer Luftfeuchtigkeit (44). Bei *Fungi imperfecti* ist nach einer feuchten Periode Trockenheit für die Sporenbildung und -verbreitung günstig. Verpilzte

Kadaver können als Erregerreservoir dienen und dadurch auch bei niederer Wirtsdichte die Epizootie in Gang halten.

Folgende Wege für die künstliche Verbreitung einer Pilzseuche sind erprobt worden: 1.) Die Verbreitung natürlich verpilzter Insekten, die man in ein anderes Gebiet schafft, in dem die Seuche zur Zeit nicht auftritt. — 2.) Die Verwendung künstlich infizierter Insekten, die ebenfalls bei Entomophthoraceen mit Erfolg erprobt wurde (*Empusa aulicae* Reich. gegen *Euproctis chrysorrhoea* [L.] [55], *Entomophthora sphaerosperma* Fres. gegen *Psylla mali* [Schmdb.] [10]). — 3.) Die direkte Verwendung von Pilzkulturen im Freiland (z.B. *Entomophthora exitialis* erfolgreich gegen *Therioaphis maculata* (Buckton) in Kalifornien, wo die Pappbecher mit den Kulturen (s. oben) in den Luzernefeldern aufgestellt wurden) (19). — 4.) Das Üblichste ist die Verwendung von vorher geernteten Pilzsporen durch Stäuben oder Spritzen. Zum Stäuben vermischt man sie mit Streckmitteln (*B. bassiana* 0.3 bis 0.6 % mit Maisstärke oder Weizenmehl, 2—5 % mit Talkum). Die Dosierung ist dabei sehr unterschiedlich und liegt zwischen 0.7 und 105 mg Sporen/m² (Einzelheiten bei 34). — Beim Spritzen nimmt man zum Anrühren der wäßrigen Sporensuspension gern Seife oder Netzmittel zu Hilfe, da die Sporen schwer benetzbar sind. Die Dosierung von *B. tenella* in wäßriger Suspension, zur Einbringung in den Boden, liegt nach den Angaben der Literatur zwischen 7.5×10^9 und 20×10^{10} Sporen je m². Auch Streumittel (granulierte Pulver) wurden verwendet, z. B. gegen *Pyrausta nubilalis* im Mais, wo die Sporen in die Blattwinkel gelangen müssen (65). Gegen Larven von *Leptinotarsa decemlineata* (Say) haben sich Stäuben und Sprühen mit *Beauveria bassiana* gleich gut bewährt (22).

ηη) Verträglichkeit mit Pflanzenschutzmitteln

Günstig ist es, daß sich Sporen der meisten hier interessierenden Pilzarten mit Insektiziden gut vertragen. *B. bassiana* wird z. B. durch DDT oder HCH nicht geschädigt (22). Dieses ist bei der neuerdings besonders in Rußland entwickelten kombinierten Anwendung von Pilzsporen und Insektiziden wichtig. Der Grundgedanke dabei ist, durch geringe, der übrigen Biozönose nicht schädliche Insektizidmengen die Disposition des Schädlings für eine Pilzinfektion zu steigern (59). Positive Ergebnisse erbrachten z. B. Feldversuche mit *Beauveria bassiana* + DDT gegen die Käfer von *Leptinotarsa decemlineata* (61) und *Galerucella luteola* Müll. (7); mit *B. bassiana* und *Metarrhizium anisopliae* + HCH gegen *Cleonus punctiventris* (60); mit *B. bassiana* + DDT gegen die Kirschblattwespe *Caliroa limacina* Retz (60); mit *B. bassiana* + DDT gegen *Carpocapsa pomonella* (L.) im Verpuppungsversteck durch Behandlung der Stammrinde, sowie gegen die Milbe *Bryobia redikorzevi* Reck. (8); mit *B. bassiana* + DDT gegen Raupen von *Malacosoma neustria* (L.) (60); mit *B. bassiana* + DDT gegen Raupen von *Hyphantria cunea* (Drury) (60); mit *B. bassiana* + DDT gegen *Euproctis chrysorrhoea* (L.), wobei sogar eine erhebliche Mortalität noch in der folgenden Generation des Goldafters beobachtet wurde (60). Gegen *Eurygaster integriceps* hat sich die Kombination von *B. bassiana* + DDT nicht bewährt (46). Alle anderen Fälle lassen aber auf einen beachtlichen Synergismus von Pilzen und Insektiziden schließen, der in den meisten (nicht allen) Fällen auch durch Behandlung mit jeweils nur einem der beiden Agentien erhärtet wurde.

Entomophthora-Arten, besonders *E. exitialis*, sind aber gegenüber DDT, Parathion, Malathion, Demeton und vor allem Trithion auf Nährböden im Laboratorium mehr oder weniger empfindlich, besonders ihre vegetativen Stadien (20). Da die gleiche, gegen *Therioaphis maculata* so wirksame Entomophthoracee auch von Fungiziden (Netzschwefel, Dithane, Ferbam, Bordeaux 5-5-50, Captan) geschädigt wird, empfiehlt es sich, auf den Gebrauch dieser Mittel zu verzichten, solange der Pilz im vegetativen Stadium auf dem Feld vorkommt. Dauersporen scheinen weniger empfindlich zu sein.

F u n g i z i d e haben schon öfters die Zunahme von Schädlingsplagen ausgelöst. Dieses kann durch eine Schädigung bisher wirksamer entomophager Pilze verursacht sein. In Florida erwiesen sich z. B. die für Citrus-Schildläuse pathogenen Pilze *Myiophagus* sp. und *Hirsutella besseyi* Fisher in ungespritzten Gebieten als wichtige Begrenzungsfaktoren, während sie nach Fungizidspritzungen (z. B. Schwefel, Zinksulfat, Kalk, Pyrophyllit) deutlich zurückgingen (14, 16). Ferbam-Spritzungen scheinen *Beauveria bassiana* zu schaden und vermutlich auf diesem Wege zu einer gelegentlichen Vermehrung des Apfelwicklers *(Carpocapsa pomonella* [L.]) zu führen, der in Nova Scotia, Kanada, von diesem Pilz zeitweilig stark reduziert wird (41). — Wie in dem Abschnitt über die Schonung von Entomophagen bei technischer Bekämpfung (S. 205) näher ausgeführt, können Fungizide und Insektizide auch auf anderem Wege als durch Ausschaltung entomophager Pilze eine Zunahme von Schadarthropoden verursachen, und zwar durch Beseitigung der gegen diese Mittel oft hochempfindlichen Entomophagen und durch direkte Stimulation der Schädlinge durch das betreffende Pestizid. Manche Fälle, in denen früher eine Beeinträchtigung entomophager Pilzarten angenommen wurde, ließen sich durch die zuletzt genannten Nebenwirkungen verstehen. Jeder Fall unerwünschter Folgen einer Pestizidanwendung erfordert also eine spezielle Untersuchung.

ϑϑ) Nebenwirkungen

Nicht nur chemische Pflanzenschutzmittel, sondern auch manche Insektenpilze schädigen gelegentlich Warmblüter oder Nutzarthropoden. Mehrere *Aspergillus*-Arten können z. B. humanpathogen wirken (Übersicht bei 34). Ein Fall einer vielleicht durch eine *Beauveria*-Art verursachten Mykose beim Menschen in Japan ist bekannt geworden (24); der Erreger wurde aber später zur Gattung *Tarichium* gestellt (26). Vielleicht handelte es sich um einen an die hohe Temperatur menschlichen Blutes angepaßten Stamm, wie er in warmen Klimagebieten am ehesten einmal auftreten kann. Allergien (17), begleitet von schweren Kopf- und Gliederschmerzen nach dem ungeschützten Umgang mit großen Sporenmengen von *Beauveria bassiana*, sind vereinzelt bekannt geworden. Sie blieben aus, als der Autor mit Atemschutz und Hautschutz (Handschuhen, langen Ärmeln) arbeitete; im Freiland beobachtete er beim Hantieren mit denselben Sporen ohne Vor-

Abb. 28: Aus einem Kartoffelkäfer (*Leptinotarsa decemlineata* [Say]) herauswachsendes Myzel von *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. (Aufn. E. MÜLLER-KÖGLER, Biol. Bundesanst., Darmstadt)

sichtsmaßnahmen keine gesundheitlichen Schäden (65). Massive Inhalation von Sporen des gleichen Pilzes schadeten jedoch in anderen Fällen nicht (9).

Polyvalente Insektenpilze wie *Beauveria bassiana* (Abb. 28) gefährden natürlich auch empfindliche Nutzarten, z. B. parasitische und räuberische Insekten. Bienen· infektionen nach Freilandapplikation dieses Pilzes sind noch nicht bekannt geworden, obwohl er im Laboratorium infektiös sein kann. In der Nähe von Seidenspinner-Zuchten *(Bombyx mori* [L.]) ist besondere Vorsicht bei der Anwendung von solchen Pathogenen geboten. Andererseits gibt es eine Reihe von Beispielen, wonach entomophage Arthropoden (z. B. *Compsilura concinnata* Meig., *Apanteles congregatus* [Say]) nicht durch *B. bassiana* geschädigt wurden (9). Pilzinfektionen *(Entomophthora sphaerosperma)* können schließlich, wie alle anderen sehr stark reduzierenden Mortalitätsfaktoren, eine durch Entomophagen vorher wesentlich begrenzte Population so beeinflussen, daß diese (z. B. *Plutella maculipennis* [Curt.]) danach stärker auftritt als vorher (62). Andere Beispiele zeigen aber, daß Entomophthoraceen und Prädatoren als Blattlausfeinde *(Therioaphis maculata)* sich gegenseitig ergänzen (18).

u) Förderung durch Kulturmaßnahmen

Umweltbedingungen, die den Ausbruch von Insektenseuchen fördern, lassen sich durch kulturelle Maßnahmen der Bodenpflege, des Pflanzenbaues und solche spezieller Art herbeiführen. Humusreiche Böden, wie sie durch Gründüngung und Gebrauch von Stallmist entstehen, sind offenbar für den Ausbruch von Epizootien der Engerlinge von *Melolontha* sp. besonders günstig (49). Künstliche Bewässerung erhöhte die Chancen für den Ausbruch von durch *Entomophthora*-Arten verursachten Epizootien der Luzerneblattlaus *Therioaphis maculata* (18). Bessere Beschattung, stärkerer Kronenschluß und Unterwuchs sollen durch Steigerung der Luftfeuchtigkeit die Bedingungen für das Entstehen von Insektenmykosen allgemein verbessern. Allerdings fördern sie auch pflanzenpathogene Pilzkrankheiten. Zur Bekämpfung der Traubenwickler (*Polychrosis botrana* [Schiff.] und *Clysia ambiguella* [Hb.]) wurde empfohlen, den unteren Teil der Rebstöcke als den bevorzugten Verpuppungsort mit Erde zu behäufeln und dadurch die dort unter der Rinde versteckten Puppen ständig einer hohen Luftfeuchtigkeit auszusetzen (51). Die an manchen Orten der Rheinpfalz und Frankreichs (30) damit erzielten guten Erfolge durch 90—95 %ige Verpilzung (*Spicaria farinosa* var. *verticilloides* Fron.) ließen sich in anderen Gebieten nicht wiederholen, so daß das arbeitsaufwendige Verfahren sich nicht einbürgerte. — Gegen Nashornkäfer (*Oryctes rhinoceros* [L.]) auf Samoa eingerichtete Fanghaufen, die Käfer zur Eiablage anlockten und in denen die Larven sich an dem künstlich eingebrachten *Metarrhizium anisopliae* infizierten, bewährten sich eine Zeit lang gut (15). Trotzdem bilden auch sie nicht die endgültige Lösung des Nashornkäfer-Problems (52). Zu beachten ist die unterschiedliche Pathogenität verschiedener Stämme des Pilzes (36). — Auch die mechanische Bekämpfung, wie das Anlegen von Fanggräben gegen *Cleonus punctiventris,* ließ sich vorteilhaft mit der Ausbringung von Sporen der „grünen Muskardine" *(M. anisopliae)* kombinieren (43 a); Walzen des Bodens schädigt offenbar die Larven des gleichen Rüsselkäfers und führt zum Ausbruch von Pilzseuchen (35 a).

xx) Zukunftsaussichten

In Ergänzung zu den einleitenden Bemerkungen über die Vor- und Nachteile mikrobiologischer Verfahren (S. 52) seien hier die Aussichten für die Anwendbarkeit von Mykosen zur Insektenbekämpfung gesondert diskutiert. Diese Sonderstellung erscheint gerechtfertigt, da einerseits auf diesem Gebiet erstmalig die Brauchbarkeit mikrobiologischer Verfahren überhaupt demonstriert werden konnte, andererseits aber nur wenige von all den bisher als erfolgreich erprobten Verfahren (vgl. folgende Beispiele) wirklich in die Praxis übernommen worden sind. Extrem pessimistisch sind die Äußerungen von Billings & Glenn (4), die nach sorgfältigen Versuchen mit *Beauveria bassiana* (syn. *B. globulifera* [Speg.]) gegen *Blissus leucopterus* (Say) (chinch bug) zu der Ansicht kamen, daß Pilzseuchen stets dann ausbrechen, wenn die — von Menschen unbeeinflußbaren — Umweltbedingungen günstig sind. Der jeweilige Sättigungspunkt der Erregerdichte sei überall gegeben und zusätzliche Verbreitung des Erregers könne die Infektionsaussichten nicht steigern, da ohne günstige Außenbedingungen doch keine Epizootie entstehe. Neben manchen anderen Autoren (Übersicht bei 45) äußert sich auch Petch in dem Sinne, daß nichts dazu berechtige, die Verwendung insektentötender Pilze als Bekämpfungsmethode gegen Schadinsekten zu empfehlen (39). Dieser Standpunkt läßt sich sicher nicht verallgemeinern (2, 56). Es spielen bei dem Zustandekommen von pilzlichen Epizootien sehr viele Faktoren mit, wie die Insektenart, die anfälligen Stadien in ihrem zeitlichen und örtlichen Auftreten, die Umweltbedingungen und die verschiedene Qualität der Erreger. Die stattliche Reihe der bisher bekannt gewordenen Erfolge zeigt, wenn auch manchmal eine exakte Erfolgsprüfung gefehlt hat, in ihrer Gesamtheit doch, daß sich Pilzseuchen bei manchen Schadarthropoden unter bestimmten Bedingungen hervorrufen lassen. Dresner (9) weist auf die größeren Erfolgsaussichten in humiden Klimagebieten wie Florida oder Ostkanada hin. Was einer praktischen Nutzung der äußerst umfangreichen bisher geleisteten Arbeit im Wege steht, scheinen vor allem zwei Dinge zu sein: 1.) Die Erfolge sind nicht dauerhaft und nicht sicher reproduzierbar, da unbeeinflußbare Außenfaktoren zu sehr mitsprechen oder — anders gesagt — da unser mangelndes Grundlagenwissen es uns nicht gestattet, planmäßig solche Bedingungen zu nutzen, die für eine Verwendung von Insektenpilzen günstig sind. Wir haben fast keine Kenntnis über das Schicksal der Sporen nach einer künstlichen Infektion, über die Dauer ihrer Infektiosität im natürlichen Lebensraum der Schädlinge, über die Fähigkeit der Erregerstämme, auch saprophytisch oder auf Ersatzwirten zu überleben, über die Möglichkeit, die Disposition der Wirte zu ändern, usw. Zu oft wird aus durchaus verständlichen Gründen der Übergang vom Laboratoriums- zum Freilandversuch vollzogen, bevor die Grundlagen auch nur annähernd untersucht oder gar geklärt sind. So reihen sich Erfolg und Mißerfolg in bunter Folge aneinander, und das Zutrauen der Praxis kann nicht gewonnen werden. 2.) Die bisher zumeist verwendeten polyphagen Pilzarten besitzen eine Reihe von Nachteilen, die sie in mancher Hinsicht den Insektiziden ähnlich werden läßt. — Dagegen entzogen sich bisher, bis auf wenige Ausnahmen (vgl. oben S. 94), die spezifischen Insektenpilze, z. B. Entomophthoraceen, wegen ihrer hohen Ansprüche, schweren Züchtbarkeit und kurzen Lebensdauer der praktischen Anwendung. Der Mangel an Spezialisten erschwert den Zugang zu solchen besonders verheißungsvollen spezifischen Pilzgruppen.

Tabelle 3

Beispiele für die mehr oder weniger erfolgreiche Verwendung von Pilzen zur Bekämpfung schädlicher Arthropoden

Schädling (Familie)	Geschädigte Pflanze	Gebiet	Anwendungsform Erfolg (ausgedrückt in prozentualer Mortalität [Mort.] oder Reduktion gegenüber unbehandelter Kontrolle [Red.]). Literaturhinweise.
I. Mit *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill.			
Tetranychus urticae Koch. (Tetranychidae)	Bohnen	USA	0,5 % Sporen in Weizenmehl. Mort. mindestens 71 % (9).
Aradus cinnamomeus Panz. (Aradidae)	Kiefer	Rußland	An Stammbasis verspritzt, 2 Jahre wirksam, 66—72 % Red. (23, 53).
Eurygaster integriceps Put. (Pentatomidae)	Weizen	Rußland	Sporen in Winterquartier. Bis 53 % Red. (31).
Leptinotarsa decemlineata (Say) (Chrysomelidae)	Kartoffel	ČSR	5 % Sporen in Talkum, 21 kg/ha. Bei L_2—L_3: 94 % Mort., bei L_4: 27,5 bis 65,5 % Mort. (22).
		Polen	Mort. bei L_1: 100 %, bei L_2—L_3: 86 %, bei L_4: 62 %, bei ad: 24—27 % (5).
		Österreich	je m^2 100 mg Sporen, 2%ig in Talkum. Mort. als Larve und Puppe zwischen 80,9 % und 96,4 % (50).
II. Mit *Beauveria tenella* (Delacr.) Siem.			
Melolontha spec. (Scarabaeidae)	Verschiedene	Österreich	20×10^6 Konidien/cm^3 in 0,5 %iger Seifenlösung, 10 l/m^2. In Humusboden: 85—88 % Mort., in Sandboden: 19—24 % Mort. (48).
		Schweiz	5×10^6 Konidien/cm^3 in Wasser, 3 l/m^2: 33,7—65,6 % Red. — Pilzkonidien ($2{,}5 \times 10^6$) + Bakteriensporen-Mischsuspension: 37,5—49,3 % Red. (64).
III. Mit *Metarrhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok.			
Cleonus punctiventris (Germ.) (Curculionidae)	Rüben	Rußland	100 % Mort. der ad., 81,4 bzw. 85,7 % Mort. der Larven nach Ausstreuen bzw. Einarbeiten der Sporen (42).

Tabelle 3 (Fortsetzung)

Schädling (Familie)	Geschädigte Pflanze	Gebiet	Anwendungsform Erfolg (ausgedrückt in prozentualer Mortalität [Mort.] oder Reduktion gegenüber unbehandelter Kontrolle [Red.]). Literaturhinweise.
Agrotis segetum (Schiff.) (Noctuidae)	Dill Radieschen Salat	Schweden	Sporensuspension: 80 % Mort. Anscheinend längere Nachwirkung (37).
IV. Mit *Aspergillus repens* (Corda) de Bary			
Eurygaster integriceps Put. (Pentatomidae)	Weizen	Südrußland	Infektion der fressenden und überwinternden Stadien, maximale Red.: 45 %. Sporen teilweise im Freien erzeugt durch Impfen von Waldstreu-Haufen mit infizierten Mühlenabfällen und Verstreuen auf Überwinterungsorte nach Sporulation (11 a, 12 a).
V. Mit *Cephalosporium lecanii* Zimm.			
Coccus pseudomagnoliarum (Kuw.) u. a. (Coccidae)	Citrus	Südrußland	Sporensuspension, Mort. zwischen 57 und 76 % (11, 43).
VI. Mit *Cephalosporium lecanii* Zimm. u. *C. coccorum* Petch			
Icerya purchasi Mask., *Saissetia nigra* (Nietn.) u. a. Homoptera	Zierpflanzen im Gewächsh.	ČSR	Wäßrige Suspension, teils mit Melasse; *C. lecanii* auch mit Haftmittel: 100 % Mort. im Gewächshaus (35).
VII. Mit *Spicaria farinosa* (Fr.) Vuill.			
Bupalus piniarius (L.) (Geometridae)	Kiefer	Deutschland	Trotz Lufttemperatur von tags nur 5 — 10° C nach Nachtfrost je nach Sporenkonzentration mittlere bis starke Sterblichkeit (maximale Mort. 74 %) der Altraupen (32).
VIII. Mit *Entomophthora exitialis* Hall et Dunn			
Therioaphis maculata (Buckton) (Aphidae)	Luzerne	Kalifornien	Künstliche Verbreitung durch Verbringen von Kulturen in Felder: Bis zu 300 Meilen vom Ausgangsort entfernt Neuansiedlung im bisher seuchenfreien Gebiet des eingeschleppten Wirtes gelungen (vgl. S. 94) (19).

Geplante Importe in neue Erdteile haben angesichts der weltweiten Verbreitung der meisten insektenpathogenen Pilze noch nie zu einem dauerhaften Erfolg geführt, der etwa mit dem durch Einfuhr verschiedener Virosen verglichen werden könnte. So betrachtet bedeuten die bisher geleisteten Arbeiten wertvolle Vorstudien, die genutzt werden können, wenn das mikrobiologische Verfahren sich aus anderen Gründen weiterhin stärker durchzusetzen vermag. Besonders aussichtsreich dürfte es sein, bei der zukünftigen Arbeit solche Gebiete wie: rationelle Sporenproduktion, Arbeiten mit weniger polyphagen Arten sowie die Kombination mit chemischen und kulturellen Verfahren durch entsprechende Grundlagenforschung besonders zu berücksichtigen.

λλ) Beispiele für die praktische Nutzung

Die in der nebenstehenden Tab. 3 genannten Fälle sollen den Text ergänzen, aber trotz der Beschränkung auf mehr oder weniger erfolgreiche Freiland-Versuche nicht den Eindruck einer verbürgten Erfolgssicherheit dieser Bekämpfungsmethode erwecken; eine mindestens ebenso große Zahl von Mißerfolgen könnte angeführt werden. Bemerkenswert ist das Wiederaufleben der Versuchstätigkeit in Rußland und den Vereinigten Staaten in allerneuester Zeit, nach einer Pause von rund 2 Jahrzehnten. Vollständige Übersichten über Infektionsversuche mit Pilzen finden sich in den eingangs genannten Sammelreferaten.

Literatur zu 3, a, cc, ε

1. Arnaud, M.: Recherches préliminaires sur les champignons entomophytes. Ann. Epiphyties, Paris, *13*, 1—30, 1927.

2. Baird, R. B.: Use of fungous diseases in biological control of insects. Proc. 10. Int. Congr. Ent. (Montreal, 1956), *4*, 689—692, 1958; nebst Übersichtsliste: The artificial control of insects by means of entomogenous fungi; a compilation of references with abstracts. Entomology Laboratory, Belleville, Ont., 53 pp., 1958, mimeographed. — **3.** Baldacci, E.: Ricerche sul potere patogeno dei miceti. I. Esperienze con la *Beauveria bassiana* (Bals. Criv.) Vuill. sul *Bombyx mori* L. Atti Ist. bot. Univ., Pavia ser. 4 a, *11*, 153—189, 1939. — **4.** Billings, F. H., & P. A. Glenn: Results of the white-fungus disease in Kansas. — US-Dept. Agric., Bureau Entomology, Bull., *107*, 1911. — **5.** Błońskaa, A.: Pathogenic *Beauveria* genus fungi of the Colorado beetle. Roczniki Nauk Rolniczych, *74*, Ser. A, 359—372, 1957 (Orig. polnisch). — **6.** Blunck, H.: Natürliche Feinde und biologische Bekämpfung der Maikäferengerlinge. Z. Pflkrankh., *49*, 338—381, 1939.

7. Djadečko, N. P.: Anwendung der Muscardine im Kampf mit laubnagenden Insekten. Lesn. Choz., *10* (2), 27—28, 1957 (Orig. russisch). — **8.** Djadečko, N. P.: Erfahrungen bei der Anwendung des weißen Muscardinepilzes im Kampf gegen *Carpocapsa pomonella* und *Bryobia redikorzevi* Reck. In: Biologičeskij Metod Bor'by s Vrediteljami sel'skochozjajstvennych Kul'tur i lesnych nasaždenij. Izdanie Ministerstva sel'skogo Chozjajstva Moldavskoj SSR, Kišinev, 14—16, 1958 (Orig. russisch). — **9.** Dresner, E.: Culture and use of entomogenous fungi for the control of insect pests. Boyce Thompson Institute Contrib. *15*, 319—335, 1949. — **10.** Dustan, A. G.: The control of the European apple sucker, *Psylla mali* Schmidb., in Nova Scotia. Dominion of Canada, Dept. Agric., Pamphlet No. 45, N. S., 1924.

11. Evlachova, A. A.: Results of the tests of *Cephalosporium* fungus in the control of scale insects in the citrus groves of the Adjar Aut. Republic in 1939. Bull. Plant Protect. Leningrad (1), 64—68, 1941. — **11 a.** Evlachova, A. A.: The application of a microbiological method for the control of the shield bug pest. Proc. Lenin Acad. agric. Sci. USSR, *18*, 36—39, 1953 (Orig. russisch). — **12.** Evlachova, A. A.: Der Einfluß einiger chemischer und physikalischer Faktoren auf das Wachstum und die Virulenz entomophager Pilze. In: Biologičeskij Metod Bor'by s Vrediteljami sel'skochozjajstvennych Kul'tur i lesnych nasaž-

denij. Izdanie Ministerstva sel'skogo Chozjajstva Moldavskoj SSR, Kišinev, 16—17, 1958 (Orig. russisch). — 12a. Evlachova, A. A.: Fragen der Ausnutzung mikrobiologischer Methoden für die Bekämpfung von *Eurygaster integriceps* Put. Sbornik V.I.Z.R., Ausg. 9, 323—340, 1958 (Orig. russisch).

13. Fankhänel, H.: Der Goldafter (*Euproctis chrysorrhoea* L.) als Eichenschädling im Elbauegebiet und die Bedeutung seiner Parasiten. 8. Wandervers. dtsch. Entomologen (München, 1957), 105—119, 1957. — 14. Fisher, F. E., & I. T. Griffiths jr.: The fungicidal effect of sulfur on entomogenous fungi attacking purple scale. J. econ. Ent., *43*, 712—718, 1950. — 15. Friederichs, K.: Studien über Nashornkäfer als Schädlinge der Kokospalmen. Monogr. angew. Ent., Berlin, *4*, 75—100, 1919.

16. Griffiths, J. T., & F. E. Fisher: Residues on citrus trees in Florida: Changes in purple scale and rust mite populations following the use of various spray materials. J. econ. Ent., *43*, 298—305, 1950.

17. Hall, I. M.: Studies of microorganisms pathogenic to the sod webworm. Hilgardia, Berkeley, *22*, 535—565, 1954. — 18. Hall, I. M., & P. H. Dunn: Fungi on spotted alfalfa aphid. Calif. Agric., Berkeley, *11*, 5, 14, 1957. — 19. Hall, I. M., & P. H. Dunn: Artificial dissemination of entomophthorous fungi pathogenic to the spotted alfalfa aphid in California. J. econ. Ent., *51*, 341—344, 1958. — 20. Hall, I. M., & P. H. Dunn: The effect of certain insecticides and fungicides on fungi pathogenic to the spotted alfalfa aphid. J. econ. Ent., *52*, 28—29, 1959.

21. Janisch, E.: Eine neue Pilzkrankheit bei Nonnenraupen. Arb. physiol., angew. Ent., Berlin-Dahlem, *5*, (1), 1—19, 1938.

22. Král, J., & Š. Neubauer: Die Benützung der entomogenen Pilze der Gattung *Beauveria* gegen Kartoffelkäfer. II. Fol. Zool. et Entom. (Praha), *5*, 178—186, 1956. — 23. Kruel, W.: Anwendung und Ergebnisse biologischer Bekämpfungsmaßnahmen gegen forstschädliche Insekten in der Sowjetunion. Verh. dtsch. Ges. angew. Ent., 14. Mitgl.-Vers. (Göttingen, 1957), 28—36, 1958. — 24. Kuru, M.: Über einen neuen pathogenen Schimmelpilz, „*Isaria Shiotae*, nov. spec.", von einem pseudoxanthomatösen Herde des Menschen kultiviert. Japan Med. Sci., IX. Surgery, *2*, 327—358, 1932.

25. Lakon, G.: Die insektentötenden Pilze (Mykosen). In: Escherich, K., Die Forstinsekten Mitteleuropas. Berlin 1914, 258—306. — 26. Langeron, M.: *Tritirachium brumpti* (Langeron and Lichaa, 1934) Langeron 1947 et le genre *Tritirachium* Limber 1940. Ann. Parasit. hum., comp., Paris, *22*, 94—99, 1947. — 27. Lihnell, D.: Grünmykose, verursacht durch *Metarrhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok. II. Physiologische Untersuchungen über die Pilze der Grünmykose. Stat. Växtskyddyanst. Stockholm, Meddel. Nr. 43, 59—90, 1944 (Orig. schwedisch).

28. MacLeod, D. M.: A fungous enemy of the pea aphid, *Macrosiphum pisi* (Kaltenbach). Canad. Entomologist, *87*, 503—505, 1955. — 29. MacLeod, D. M., & A. M. Heimpel: Fungal and bacterial pathogens of the larch sawfly. Canad. Entomologist, *87*, 128—131, 1955. — 30. Marchal, P.: La cochylies et l'eudémis en 1912. Ann. Serv. Epiphyties, *1*, 248—252, 1931. — 31. Medvedeva nach Pospelov, V. P.: Results of utilisation of fungous, bacterial and virus diseases as a control measure against agricultural pests. In: Summary of the scientific research work of the Institute of Plant Protection for the year 1939. Lenin Acad. Agric. Sci., Leningrad, 125—129, 1940 (Orig. russisch). — 32. Müller-Kögler, E.: Laboratoriums- und Freilandversuche mit Kiefernspannerraupen und zwei insektentötenden Pilzen. Z. angew. Ent., *28*, 613—645, 1941. — 33. Müller-Kögler, E.: Zur Isolierung insektenpathogener Entomophthoraceen. Entomophaga, *4*, 261—274, 1959. — 34. Müller-Kögler, E.: Pilzkrankheiten bei Insekten. Anwendung in den letzten zwei Jahrzehnten und Grundlagen. (In Vorbereitung zum Druck.)

35. Neužilová, A.: L'utilisation de quelques champignons entomophytes dans la lutte contre des chenilles dans les serres. Universitas Carolina, Biologica *3* (1), 7—29, 1957 (Orig. tschechisch). — 35a. Nevkryta, A. N.: Über den Einfluß der Dichte des Bodens auf die Entwicklung der Muskardinose beim Rübenderbrüßler. Naučn. Trudy Ukrainsk. naučn.-issled Inst. Zašč. Rast., *8*, 43—49, 1959 (Orig. russisch). — 36. Nirula, K. K.: Observations on the green muscardine fungus in populations of *Oryctes rhinoceros* L. J. econ. Ent., *50*, 767—770, 1957. — 37. Notini, G.: Green mycosis as a means of control. Växtskyddsnotiser, Stockholm, *2*, 29—32, 1942 (Orig. schwedisch). — 38. Notini, G., & R. Mathlein: Grünmykose, verursacht durch *Metarrhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok. I. Grünmykosen als biologische Insektenbekämpfungsmittel. Stat. Växtskyddsanst. Stockholm, Meddel. Nr. 43, 1—58, 1944 (Orig. schwedisch).

39. Petch, T.: Entomogenous fungi and their use in controlling insect pests. Ceylon Dept. Agric., Bull. *71*, 1925. — 40. Picard, F.: Les champignons parasites des insectes et leur utilisation agricole. Ann. Ecole Agric., Montpellier, *13*, (2—3), 121—248, 1914. — 41. Pickett, A. D., & N. A. Patterson: The influence of spray programs on the fauna of apple orchards in Nova Scotia. IV. A review. Canad. Entomologist, *85*, 472—478, 1953. — 42. Pospelov, V. P.: Methods of infecting insects with entomogenous fungi. Summary Sci. Res. Work Inst. Plant Protect. for 1936. Part III, No. 8, 64—67, Leningrad Acad. Agric. Sci., 1938. — 43. Pospelov, V. P.: Results of the utilization of fungous, bacterial and virus diseases as a control measure against agricultural pests. Summary Sci. Res. Work. Inst. Plant Protect. for 1939. *8*, 125—129, Leningrad Acad. Agric. Sci. 1940. — 43 a. Pospelov, V. P.: Biological methods of controlling the beet weevil. In: Kulagin, N. M., & G. K. Pyatnitskij ed.: The beet weevil and its control. Proc. Lenin Acad. agric. Sci. USSR, 45—46, 1940 (Orig. russisch).

44. Rockwood, L. P.: Entomogenous fungi of the family Entomophthoraceae in the Pacific Northwest. J. econ. Ent., *43*, 704—707, 1950.

45. Sachtleben, H.: Biologische Bekämpfungsmaßnahmen. Handb. d. Pflanzenkrankheiten, *VI*, 2. Halbbd., P. Parey, Berlin, 1—120, 1941. — 46. Šechurina, T. A.: Einige Ergebnisse von Versuchen mit dem Weißen Muscardinepilz in kombinierter Anwendung mit Giften gegen schädliche Schildwanzen. In: Biologičeskij Metod Bor'by s Vrediteljami sel'skochozjajstvennych Kul'tur i lesnych nasaždenij. Izdanie Ministerstva sel'skogo Chozjajstva Moldavskoj SSR, Kišinev, 55—56, 1958 (Orig. russisch). — 47. Schaerffenberg, B.: Die biologische Bekämpfung des Maikäfers und seiner Larve mit *Beauveria densa*. Anz. Schädlkde., *17*, 53—55, 1941. — 48. Schaerffenberg, B.: Die Möglichkeiten einer Maikäferbekämpfung mit Hilfe von Mykosen. I. *Beauveria densa* Link, ein Hauptparasit von *Melolontha* sp. Anz. Schädlkde., *25*, 166—170, 1952. — 49. Schaerffenberg, B.: Biologische Gleichgewichtsstörungen im Boden und ihre Folgen. Z. angew. Ent., *35*, 136—145, 1954. — 50. Schaerffenberg, B.: *Beauveria bassiana* (Vuill.) Link als Parasit des Kartoffelkäfers *(Leptinotarsa decemlineata* Say). Anz. Schädlkde., *30*, 69—74, 1957. — 51. Schwangart, F.: Die biologische Schädlingsbekämpfung und ihre Bedeutung für die Forstwirtschaft. Tharandt. forstl. Jahrb. *65*, 318—345, 1914. — 52. Simmonds, H. W.: Biological control of the rhinoceros beetle (*Oryctes rhinoceros* L.) New Zeal. Dept. Agric. Bull. *21*, 23—24, 1939. — 53. Smirnov, B. A.: Mikrobiologische Methode zur Bekämpfung der Rindenwanze (*Aradus cinnamomeus* Panz.). Lesn. Choz. (12), S. 72, 1954 (Orig. russisch). — 54. Speare, A. T.: Further studies of *Sorosporella uvella*, a fungous parasite of noctuid larvae. J. agric. Res., *18*, 399—439, 1920. — 55. Speare, A. T., & R. H. Colley: The artificial use of the brown-tail fungus in Massachusetts, with practical suggestions for private experiment, and a brief note on a fungus disease of the gypsy caterpillar. Wright & Potter, Boston, Mass., 29 pp., 1912. — 56. Steinhaus, E. A.: Principles of Insect Pathology. McGraw-Hill Book Comp., New York, Toronto, London, 757 pp., 1949. — 57. Suzdal'skaja, M. V.: Die weißen Muscardine-Pilze von *Eurygaster integriceps* Put. Sbornik V.I.Z.R., Ausg. 9, 341—361, 1958 (Orig. russisch). — 58. Sweetman, H. L.: The Principles of Biological Control. Wm. C. Brown Comp., Dubuque, Iowa, 560 pp., 1958.

59. Telenga, N. A.: Das Problem der kombinierten Anwendung biologischer und chemischer Methoden in der Schädlingsbekämpfung. Bjull. naučno-techn. Inf. VIZR, (4), 21—38, Kiev, 1958 (Orig. russisch). — 60. Telenga, N. A.: Biologische Schädlingsbekämpfung an den landwirtschaftlichen Kulturen und Forstpflanzen in der UdSSR. IX. Int. Konf. f. Quarantäne, Pflanzenkrankheiten u. Pflanzenschutz, 1—15, Moskau, 1958 (Orig. russisch). — 61. Telenga, N. A., & N. P. Djadečko: Versuch zur Anwendung des Pilzes *Beauveria bassiana* im Kampf gegen den Kartoffelkäfer *(Leptinotarsa decemlineata)*. Vortragsmanuskript, Kolloquium der CILB über Populationsdynamik und biologische Bekämpfung des Kartoffelkäfers (Hamburg, 11. 9. 1957) 5 pp., 1957 (deutsche Übersetzung).

62. Ullyett, G. C.: Mortality factors in populations of *Plutella maculipennis* Curtis (Tineidae: Lep.) and their relation to the problem of control. S. Africa Dept. Agric. Ent. Mem., *2* (6), 77—202, 1947.

63. Wiegand, H.: Gradologische Untersuchungen über den Kiefernspinner *(Dendrolimus pini* L.). 3. Beitrag. Z. angew. Zool., *44*, 129—172, 1957. — 64. Wikén, T., P. Bovey, H. Wille & Th. Wildbolz: Über die Ergebnisse der in der Schweiz im Jahre 1953 durchgeführten Freilandversuche zur mikrobiologischen Bekämpfung des Engerlings von *Melolontha melolontha* L. (= *Melolontha vulgaris* F.). Z. angew. Ent., *36*, 1—19, 1954.

65. York, G. T.: Field tests with the fungus *Beauveria* sp. for control of the European corn borer. Iowa State College J. Science *33*, 123—129, 1958.

b) Mikroorganismen gegen Wirbeltiere

aa) Verwendung von Bakterien

Zur Bekämpfung von Nagetieren stand die Verwendung von Bakterien eine Zeitlang in hohem Ansehen. Nachdem Loeffler (37) 1892 die Übertragung einer an Weißen Mäusen beobachteten Bakteriose auf Hausmäuse (*Mus musculus* L.) und Feldmäuse (*Microtus arvalis* [Pallas]) gelungen war, ergab sich in Griechenland bald darauf Gelegenheit, das Verfahren im Freiland (gegen *Microtus guentheri* [Danf. & Alston]) zu erproben (38, 39). Diese Versuche waren offenbar erfolgreich und führten zu einer verbreiteten Anerkennung bakterieller Mäusebekämpfung. Weitere pathogene Bakterien wurden aus Feldmäusen, Zwergmäusen, Waldmäusen und Hausmäusen in Frankreich isoliert („Virus Danysz") (10). Regnier & Pussard (45) geben einen guten Überblick über die in Frankreich eingebürgerten mikrobiellen Verfahren. Ferner fanden sich im Ziesel (*Citellus citellus* [L.]) Bakterien, die gegen verschiedene Muriden pathogen waren (41, 42). Schander & Meyer (49) sowie Schander & Götze (48) referieren umfassend über alle bakteriellen Nagerbekämpfungen (vgl. auch Klemm, in diesem Handb. Bd. V, 5. Lieferg., 1958: Mammalia). — Die Pathologie dieser Bakteriosen ist relativ einheitlich: Nach Oralapplikation entsteht eine schwere Gastro-Enteritis, der zumeist nach 1—3 Wochen der Tod durch Septikämie folgt. Bei *Salmonella enteritidis* var. *danysz* kommt es auch bei überlebenden Tieren zu einer Myocarditis (12).

Bakterienpräparate werden heute vorwiegend gegen die Feldmaus (*Microtus arvalis*) und die Wanderratte (*Rattus norvegicus* [Berkenhout]) angewendet. Dies geschieht durch Auslegen von Ködern, die mit einer Bakterienaufschwemmung getränkt sind. Durch Zucht der Bakterien auf Roggenkörnern, die zugleich als Köder dienen, wurde das Verfahren weiterhin vereinfacht (9). Überhaupt liegt in Billigkeit und Einfachheit ein gewisser Vorteil der Methode; außerdem werden bakteriengetränkte Köder besonders von Ratten leichter angenommen als gifthaltige. In Ländern mit hohen Arbeitslöhnen sind jedoch Köderverfahren, die Handarbeit erfordern, immer seltener rentabel.

Unter den Nachteilen bakterieller Nagerbekämpfung sind folgende Erfahrungen zu nennen: a) Die Krankheit breitet sich nicht seuchenhaft unter den Schädlingen aus, so daß nur darin ein Unterschied zur Giftköder-Methode besteht, daß die Bakterien spezifischer wirken. — b) Die Sterblichkeit durch Bakterien ist meist nicht hundertprozentig. In Dänemark wurde daher gegen Ratten ein Verfahren entwickelt, das auf der synergistischen Wirkung der Erreger (*Salmonella enteritidis* var. *danysz* = „Ratin"-Präparat) mit dem *Scilla*-Extrakt „Ratinin" beruht (5, 12, 46). Ausführliche Laboratoriumsversuche (vgl. aber die Kritik durch Becker [6]) und praktische Erfolge in mehreren Ländern zeigen, daß in dem sog. „Ratinsystem" ein Verfahren vorliegt, das dort Vorteile bietet, wo Starkgifte vermieden werden müssen. Es bleibt aber ein Rest immun gewordener oder auch resistenter Individuen, der so groß sein kann, daß mancherorts keine befriedigende Abtötung erzielt wurde (27, 51). Auf jeden Fall breitet sich die Krankheit nicht leicht in einer Ratten-Bevölkerung aus, so daß jedes Einzeltier reichlich von dem Köder oder einem toten Artgenossen fressen muß, um sich zu infizieren. — c) Ein weiterer, viel diskutierter Nachteil ist die Humanpathogenität mancher zur Nagetierbekämpfung verwendeten Bakterien. Die rätselhafte Beobachtung, daß nur in Deutschland, aber nicht in Dänemark oder Frankreich, Menschen nach Verbreitung von „Mäusetyphus" erkrankten, ist dadurch aufgeklärt, daß sich der von Loeffler isolierte *Bacillus* und der von Danysz beschriebene nach kulturellen Merkmalen und Antigenstruktur als zwei deutlich verschiedene Arten herausstellten (7). Nur *Salmonella typhi murium* (Loeffler), die nahe mit dem Erreger des Paratyphus B verwandt ist, erzeugt auch beim Menschen

unter besonderen Bedingungen schwere Erkrankungen. Wegen dieser Gefahren wurde in Deutschland die Verwendung bakterienhaltiger Mittel zur Schädlingsbekämpfung durch die Verordnung vom 16. März 1936 (Reichsgesetzblatt 1936, I, S. 176) verboten. *Salmonella enteritidis* var. *danysz*, bekannt als „Ratin-Bazillus" (s. oben) und auch als der seit fast 60 Jahren vom Institut Pasteur in Paris erzeugte und von der französischen Praxis verwendete „Virus Danysz", ist dagegen ein fast nur für Nagetiere spezifischer Erreger. Er kann allerdings auch Kälber infizieren und ganz selten bei Menschen eine fiebrige Enteritis hervorrufen. Man unterscheidet bei ihm 4 Typen, je nach dem Vermögen, Weinsäure zu spalten. — d) Auf weitere potentielle Gefahren der mikrobiologischen Methode weist Elton (13) hin. Nach einem gründlichen Überblick über die vorliegenden Erfahrungen und oft recht unbefriedigenden Methoden der Erfolgskontrolle, vor allem bei der Bekämpfung von Microtinen (auch bei den Loefflerschen Versuchen!), gibt er zu bedenken, ob das massierte Ausbringen von Krankheitserregern nicht mit den natürlichen Zusammenbruchsfaktoren am Ende einer Übervermehrung konkurrieren und damit eine Kalamität verlängern könne. Konkrete Beobachtungen hierzu scheinen nicht vorzuliegen. Jede Bekämpfungsmaßnahme, die nicht radikal ist, kann jedoch zweifellos bei solchen Gradationstypen, bei denen — wie bei Feldmäusen — der Zusammenbruch eine Funktion der Populationsdichte ist (22), den Zyklus verlängern. Berechtigt bleibt ferner die Verwunderung von Elton darüber, daß man jahrzehntelang Bakterien verbreitete, ohne die natürlichen Ursachen der mit oder ohne Bekämpfung regelmäßigen Zyklen zu studieren. Nach heutigen Erfahrungen enden die Mäuse- und Rattenplagen gewöhnlich nicht durch Seuchen. So besteht bei ihnen — im Gegensatz zu den Verhältnissen bei Insekten — nur geringe Aussicht, den natürlichen, physiologisch bedingten Zusammenbruch durch Verbreitung von Krankheitserregern vorzeitig herbeizuführen (21). Ein biologisch einwandfreier, wenn auch im engeren Sinne nicht zur biologischen Bekämpfung gehörender Weg zu einer dauerhaften Verhinderung von Feldmausplagen ist dagegen die Beseitigung ihres Optimalbiotops durch Aufgliederung der Landschaft und intensivere Bewirtschaftung (23).

bb) Verwendung von Viren

Daß es unter besonderen Bedingungen doch möglich ist, Mikroorganismen auch zur Bekämpfung von Wirbeltieren zu verwenden, beweist der bedeutende Erfolg der künstlich verbreiteten Myxomatose gegen Kaninchen *(Oryctolagus cuniculus* [L.]); zugleich zeigt dieses Beispiel auch gewisse Gefahren eines Seucheneinsatzes gegen Warmblüter.

Über die Myxomatose des europäischen Wildkaninchens und damit aller Hauskaninchen sowie ihre Nutzung in Australien und Europa liegen mehrere Übersichtsreferate vor (1, 28, 32, 50, 55). Die von Sanarelli 1896 in Uruguay erstmalig beobachtete Krankheit trat an eingeführten europäischen Kaninchen auf (47). Spätere Forschungen klärten, daß es sich um eine endemische, nur selten akut auftretende Erkrankung der in Nord- und Südamerika heimischen Kaninchen (Tapeti, cotton tail rabbit) der Gattung *Sylvilagus* handelt. Der Erreger gehört zu den relativ großen Viren aus der Gruppe der Pockenviren ($200 \times 230\ m\mu$) und wird durch stechende Insekten übertragen. Im Gegensatz zu den Trägern der latenten Myxomatose, den amerikanischen *Sylvilagus*-Arten, reagiert *O. cuniculus* äußerst empfind-

lich auf die Infektion. Die Letalität beträgt bei Verwendung der Standard-Stämme des Virus 99,5 % (2, 31, 43). Gegen andere Säugetiere, vielleicht mit seltener Ausnahme des europäischen Hasen (*Lepus europaeus* Pallas), ist das Virus nicht pathogen. Die Symptome der Krankheit sind Schwellungen der Schleimhäute am Kopf, dann auch an After und Genitalien, verbunden mit starker Schleimabsonderung. Die Tiere werden lethargisch und sterben nach rund 8—10 Tagen.

Bekanntlich war die Kaninchenplage in Australien das Schädlingsproblem Nr. 1, dem man seit der Einfuhr und unbegrenzten Vermehrung des europäischen Kaninchens mit allen möglichen Methoden versucht hatte beizukommen (33). 1950 schätzte man die Zahl der australischen Kaninchen auf 1—3 Milliarden (52). Seit 1926 wurde daher bei den zuständigen Stellen in Australien die Einfuhr der Myxomatose erwogen. In Europa und Australien hierzu durchgeführte Vorversuche zeigten u. a., daß in verschiedenen Ländern verschiedene Insekten (Flöhe, Mücken) als Vektoren dienten (8, 40). Die 1936—1938 auf unbewohnten Inseln in England, Dänemark und Schweden künstlich eingeführte Myxomatose klang wohl wegen des Fehlens geeigneter Überträger bald wieder ab (36). Auch Infektionen, die man damals in Australien zumeist in Trockengebieten versuchte, mißlangen. 1950 erfolgten im Gebiet des Murray und Darling River erneut 7 Feldversuche, bei denen man künstlich infizierte Kaninchen freiließ. Einer davon gelang, und es kam zum ersten großen Massensterben. Spätere Erfahrung lehrte, daß dort die Mücken *Anopheles annulipes* Walk. und *Culex annulirostris* Skuse die entscheidenden Überträger sind und daß Infektionsdatum, Flugzeit und Wanderungen der Mücken aufeinander abgestimmt sein müssen, wenn eine natürliche Weiterverbreitung der Seuche stattfinden soll (44). Diese erfolgte nun, vor allem entlang der Flüsse und unterstützt durch weitere Freilassungen kranker Tiere, so rasch, daß die Seuche bis 1953 ganz Südost-Australien und wenige Jahre danach den ganzen Erdteil und benachbarte Inseln erfaßt hatte. Wegen geringer Mückenvorkommen mißlangen jedoch mehrere Versuche, die Seuche auch in Neuseeland einzuführen (54 a). Der wirtschaftliche Gewinn in Australien war enorm; 1952/53 betrug z. B. die hierdurch verursachte Zunahme der landwirtschaftlichen Erzeugung im Südosten des Landes 50 Millionen Pfd. Sterling (etwa 600 Mill. DM) (52).

Das intensive Studium der Seuchenausbreitung in Australien ergab, daß epizootische Wellen auftreten, zwischen denen sich örtlich die Kaninchenbestände wieder etwas erholen. Die wenigen Tiere, die eine Epizootie überstanden haben, sind etwa 18 Monate immun gegen Infektionen, nicht aber ihre Nachkommen. Ferner traten schon 2 Jahre nach dem ersten großen Seuchenzug Fälle herabgesetzter, rund 90 bis 95 %iger, später sogar noch geringerer Sterblichkeit auf. Genaue Untersuchung dieser Populationen zeigte, daß zunächst nicht die Wirte resistent geworden waren, was bei der starken Selektion durchaus denkbar gewesen wäre, sondern daß weniger pathogene (attenuated) Virusstämme erschienen. Da sich die wirkungsvollsten Erreger mit ihren Wirten selbst ausrotten, haben ganz allgemein abgeschwächte Stämme größere Überlebensaussichten. Tatsächlich bewiesen zahlreiche Beobachtungen und Versuche die Überlegenheit solcher „attenuated strains" im Freiland, auch nach Neuinfektion mit dem Standard-Stamm und pathogeneren europäischen Stämmen. Der Hauptgrund dafür liegt in dem langsamen Absterben (in etwa 20 statt 8 Tagen) der mit diesen weniger durchschlagenden Stämmen infizierten Tiere, an denen über-

tragende Insekten länger saugen können. Außerdem traten später auch widerstandsfähigere Kaninchenstämme auf.

Offenbar strebt die Auseinandersetzung von Pathogen und Wirt einem neuen Gleichgewicht zu, bei dem der Wirt nicht ausgerottet wird, sondern auf durchschnittlich niedrigerer Populationsdichte überlebt (15, 18, 19, 20). Der erste durchschlagende Erfolg der Jahre 1950—53 wurde später abgelöst durch je nach Vektorendichte und Wirtsempfindlichkeit auftretende lokale Epizootien. Zusätzliche Bekämpfungsmaßnahmen wurden wieder notwendig (54 a). — Die Übertragung dieser Virose durch Insekten, besonders genau untersucht an *Aedes*-Arten, ist rein mechanisch, d. h. der Erreger vermehrt sich nicht im Vektor. Ausschlaggebend für seine Wirksamkeit sind die Zahl und Zugänglichkeit der Schleimhautverdickungen am Wirt und deren Gehalt an Viren. Die von den australischen Autoren untersuchten Mücken bleiben 25 bis 29 Tage nach einer Blutmahlzeit infektiös (11, 16, 17). In den überwinternden *Anopheles maculipennis atroparvus* van Thiel in Europa überlebt das Virus sogar 6 Monate (4).

Auch in Europa ist die Myxomatose inzwischen heimisch. Zur Eindämmung einer lokalen Wildkaninchenplage führte der französische Arzt Armand-Delille im Frühling 1952 das Myxoma-Virus nach Frankreich ein. Von 2 in seinem geschlossenen Besitz südwestlich von Paris ausgesetzten infizierten Kaninchen breitete sich die Seuche in einem Jahr über halb Frankreich aus. 1954 waren in diesem Land etwa 90 % aller Wildkaninchen und zahlreiche Hauskaninchen der Myxomatose erlegen (50). — Besonders genau sind wir über die Ausbreitung der Epizootie in England unterrichtet, die dort seit Herbst 1953 auftritt und heute ganz Großbritannien und Irland erfaßt hat. Dabei dürfte die privat betriebene Verschickung kranker Kaninchen in der ersten Zeit eine gewisse Rolle gespielt haben. Die Übertragung erfolgte hier überwiegend durch den Kaninchenfloh (*Spilopsyllus cuniculus* Dale), und die Ausbreitung war entsprechend langsamer. Seit 1955 traten sowohl in England (Nottinghamshire) als auch in Frankreich (Dept. Loiret) ebenfalls immer mehr abgeschwächte Virusstämme auf, die eine Sterblichkeit von rund 90 % verursachen (3, 29, 34, 54). Daneben halten sich aber auch die stark pathogenen Stämme, da diese bei dem Kaninchenfloh als Überträger gewisse Selektionsvorteile bieten (1 a). — Vermutlich durch ihre natürlichen Vektoren kam die Myxomatose 1953 auch nach Holland, Belgien und Deutschland. Heute ist sie bis nach Ostdeutschland, der Tschechoslowakei, Österreich, Italien und Spanien vorgedrungen. Die Ausbreitung geschieht hier langsamer und folgt offenbar den Ebenen, was für eine Übertragung durch Mücken spricht (24, 30). Entsprechend der geringeren Kaninchendichte in den zuletzt genannten Ländern ist der Seuchenzug selbst auch nicht so spektakulär wie in Frankreich.

Da Kaninchen in Europa, anders als in Australien, nicht nur schädlich, sondern als Jagd- und Haustiere auch nützlich sind, war die Folge der Einfuhr des Erregers nach Europa zweischneidig. Abgesehen von den Verlusten der Jagdindustrie vor allem in Frankreich dezimierte der erste Seuchendurchzug wertvolle Zuchtbestände von Hauskaninchen. Ohne allzu großen Erfolg wurde versucht, diese durch Impfen mit einem nahe verwandten Virus, dem des Shopeschen Fibrom, zu immunisieren oder Mücken durch Kontaktinsektizide und Maschendraht von den Käfigen abzuhalten. Nach der radikalen Verminderung der Wildkaninchen ist die Ansteckungsgefahr für Zuchttiere inzwischen viel geringer geworden, zumal sich auch in Europa

schwächer pathogene Virusstämme durchsetzen dürften. — Auf der positiven Seite ist die eindeutige forst- und landwirtschaftliche Ertragssteigerung zu verbuchen, die man vielerorts feststellen konnte, als die Wildkaninchen seltener geworden waren. In Frankreich und Holland gelangen seitdem Aufforstungen besser. Der französische Arzt, der die Erreger importiert hatte, erhielt fast gleichzeitig mit einer minimalen Geldstrafe eine Ehrenplakette des Nationalen Försterverbandes (50). Aus Großbritannien liegen besonders genaue Untersuchungen über die wirtschaftlichen und biozönotischen Folgen der Myxomatose vor: Die Zunahme der Ernte soll in zahlreichen Distrikten 4—20 % betragen (3, 26, 53). Die Fauna veränderte sich in England und ebenso in Australien durchgreifend. Greifvögel und Raubtiere paßten sich dem Mangel an Beutetieren an und erzeugten weniger Nachkommen. Die erwarteten Übergriffe des Raubzeuges auf Haustiere blieben bis auf wenige Ausnahmen (Füchse) aus (4, 25, 35). Auch die immer wiederholte Zeitungsmeldung, daß in Australien, als die Kaninchen verschwunden waren, Dingos mehr Schafe rissen, ist nicht zutreffend (14).

Somit dürfte sich auch in Europa ein, wenn auch verringerter, Bestand an Wildkaninchen halten. Die augenfälligen Vorteile der plötzlichen Bestandsminderung haben vor allem in Großbritannien, aber auch in Frankreich, den Anstoß dazu gegeben, die Überlebenden örtlich mit anderen Mitteln auszurotten. Nach dem ersten Schock über das große Sterben dürfte auch hierzulande die Myxomatosis vom volkswirtschaftlichen Standpunkt aus mehr als Segen denn als Fluch gewertet werden, zumal die Zucht von Hauskaninchen nicht mehr gefährdet ist. Trotzdem muß die unüberlegte Art und Weise, mit der ein so wirksamer Begrenzungsfaktor eingeführt worden ist, abgelehnt und eine verbindliche internationale Vereinbarung für zukünftige Fälle dieser Art gefordert werden. — Das prinzipiell Bedeutsamste an diesem Beispiel ist aber, daß eine mikrobiologische Bekämpfung bei Säugetieren durch Einfuhr eines in seinem Ursprungswirt wenig, bei dem betreffenden Schädling aber sehr pathogenen Erregers durchgeführt wurde. Nach entsprechenden Möglichkeiten auch bei anderen Schadtieren zu suchen, dürfte eine lohnende Aufgabe sein.

Literatur zu 3, b

1. Andrewes, C. H.: Myxomatosis in Britain. Nature, *174*, 529—530, 1954. — 1a. Andrewes, C. H., H. V. Thompson & W. Mansi: Myxomatosis: present position and future prospects in Great Britain. Nature *184*, 1179—1180, 1959. — 2. Aragão, H. de Beaurepaire: Myxoma dos coelhas. Memorias do Instituto Oswaldo Cruz, *20*, 225—235, 1927. — 3. Armour, C. J., & H. V. Thompson: Spread of myxomatosis in the first outbreak in Great Britain. Ann. appl. Biol., *43*, 511—518, 1955.

4. Backhouse, K. M., & H. V. Thompson: Myxomatosis. Nature, *176*, 1155—1156, 1955. — 5. Bahr, L.: The Ratin Bacillus and the „Ratin System" through 40 years. Maanedsskrift for Dyrlaeger, *59*, 161—192, 1947. — 6. Becker, K.: Versuche mit Rattenbekämpfungsmitteln der Firma Bakteriologisk Laboratorium „Ratin" in Kopenhagen. Schädlingsbekämpfung, *43*, 69—82, 1951. — 7. Bonnefoi, A., L. Le Minor & J. Grabar: Le bacille de Danysz dans la classification des *Salmonella*. Ann. Inst. Pasteur, Paris, *73*, 195 ff., 1947. — 8. Bull, L. B., & M. W. Mules: J. Coun. Sci. Indust. Res., *17*, 79, 1944.

9. Chappellier, A.: Essai de l'action sur différents rongeurs, du *Bacillus typhi murium* cultivé dans des grains de seigle. Ann. Épiphyties, Paris, *1*, 341—348 (1934—1935), 1936.

10. Danysz, J.: La destruction des mulots. Bull. Soc. Nat. Agric., *10*, 681, 1893. — 11. Day, M. F., F. Fenner & G. M. Woodroofe: Further studies on the mechanism of mosquito transmission of myxomatosis in the European rabbit. J. Hyg., Cambridge, *54*, 258—283, 1956. — 12. Dyssegaard, A.: Studies on myocarditis in *Salmonella* infections.

Danysz myocarditis — Scillirosid intoxication. Nordisk Veterinaermedizin, *7*, 667—684, 1955.

13. Elton, Ch.: Voles, Mice and Lemmings. Oxford (Clarendon Press), 496 pp., 1942.

14. Fenner, F.: (briefl. Mitt., 1954). — 15. Fenner, F.: Changes in the mortality-rate due to myxomatosis in the Australian wild rabbit. Nature, *172*, 228—230, 1953. — 16. Fenner, F., M. F. Day & G. M. Woodroofe: The mechanism of the transmission of myxomatosis in the European rabbit *(Oryctolagus cuniculus)* by the mosquito *Aedes aegypti*. Austr. J. exp. Biol. Med. Sci., *30*, 139—152, 1952. — 17. Fenner, F., M. F. Day & G. M. Woodroofe: Epidemiological consequences of the mechanical transmission of myxomatosis by mosquitoes. J. Hyg., Cambridge, *43*, 284—303, 1956. — 18. Fenner, F., & I. D. Marshall: Occurence of attenuated strains of myxoma virus in Europe. Nature, *176*, 782—783, 1955. — 19. Fenner, F., & I. D. Marshall: A comparison of the virulence for European rabbits *(Oryctolagus cuniculus)* of strains of myxoma virus recovered in the field in Australia, Europe and America. J. Hyg., Cambridge, *55*, 149—191, 1957. — 20. Fenner, F., W. E. Poole, I. D. Marshall & A. L. Dyce: Studies in the epidemiology of infectious myxomatosis of rabbits. VI. The experimental introduction of the European strain of myxoma virus into Australian wild rabbit populations. J. Hyg., Cambridge, *55*, 192—206, 1957. — 21. Frank, F.: Neue Erkenntnisse über den Zusammenbruch von Mäuseplagen und ihre Folgerungen für die bakterielle Bekämpfungsmethode. Nachrbl. dtsch. Pflschutzd., Braunschweig, *5*, 165—166, 1953. — 22. Frank, F.: Die Kausalität der Nagetier-Zyklen im Lichte neuer populationsdynamischer Untersuchungen an deutschen Microtinen. Z. Morph. u. Ökol. Tiere, *43*, 321—356, 1954. — 23. Frank, F.: Grundlagen, Möglichkeiten und Methoden der Sanierung von Feldmausplagegebieten. Nachrbl. dtsch. Pflschutzd., Braunschweig, *8*, 147—158, 1956. — 24. Frank, H.: Myxomatose in Nordrhein-Westfalen. Der Dtsch. Jäger, *75*, 303, 1957. — 25. Frank, H.: Die Auswirkungen der Myxomatose auf die Tier- und Pflanzenwelt. Dtsch. Jägerzeitung, (24), 527, 1957.

26. Gough, H. C., & F. W. Dunnett: Rabbit damage to winter corn. Agriculture, *57*, 374—378, 1950.

27. Habs, H., & H.-J. Heinz: Beobachtungen bei der Anwendung von Ratinbakterien zur Rattenbekämpfung auf der Vogelfreistätte Insel Scharhörn. Arch. Hyg. (Bakt.), München, *134*, 49—58, 1951. — 28. Hase, A.: Die Myxomatose der Wild- und Hauskaninchen. Nachrbl. dtsch. Pflschutzd., Braunschweig, *6*, 81—86, 1954. — 29. Hudson, J. R., H. V. Thompson & W. Mansi: Myxoma virus in Britain. Nature, *176*, 783, 1955.

30. Jacotot, H., C. Toumanoff, A. Vallee & B. Virat: Sur le rôle des moustiques dans la transmission de la myxomatose. Compt. rend. Acad. Sci., Paris, *239*, 909—911, 1954.

31. Kessel, J. F., C. C. Prouty & J. U. Mayer: Occurence of infectious myxomatosis in South California. Proc. Soc. exper. Biol. Med., *28*, 413, 1931. — 32. Klemm, M.: Neuzeitliche Bekämpfung der Wildkaninchen und ihre Folgen. Nachrbl. dtsch. Pflschutzd., Berlin, *7*, 199—200, 1953. — 33. Klemm, M.: Mammalia. Handb. d. Pflkrankh., V, 5. Lief., P. Parey, Berlin, 160—365, 1958.

34. Lapage, G.: Myxomatosis of rabbits. Nature *175*, 628—629, 1955. — 35. Lever, R. A., C. J. Armour & H. V. Thompson: Myxomatosis and the fox. Agriculture, *64*, 105—111, 1957. — 36. Lockley, R. M.: Failure of myxomatosis on Skokholm Islands. Nature, *175*, 906—907, 1955. — 37. Loeffler, F.: Über Epidemien unter den im hygienischen Institute zu Greifswald gehaltenen Mäusen und über die Bekämpfung der Feldmausplage. Zentralbl. Bakt., I. Abt., *11*, 129—141, 1892. — 38. Loeffler, F., Die Feldmausplage in Thessalien und ihre erfolgreiche Bekämpfung mittels des *Bacillus typhi murium*. Zentralbl. Bakt., I. Abt., *12*, 1—17, 1892. — 39. Loeffler, F.: Zur praktischen Verwendbarkeit des Mäusetyphusbazillus. Zentralbl. Bakt., I. Abt., *13*, 647—649, 1893.

40. Martin, Ch. J.: Observations on *Myxomatosis cuniculi* (Sanarelli) made with a view to the use of the virus in the control of rabbit plagues. Counc. Sci. Indust. Res. Bull. No. 96, 28 pp., 1936. — 41. Mereškovsky, S. S.: Ein aus Zieselmäusen ausgeschiedener und zur Vertilgung von Feld- resp. Hausmäusen geeigneter Bazillus. Zentralbl. Bakt., I. Abt., *17*, 742—756, 1895. — 42. Mereškovsky, S. S.: Feldversuche, angestellt zur Vertilgung der Mäuse mittels des aus Zieselmäusen ausgeschiedenen Bazillus. Zentralbl. Bakt., I. Abt., *20*, 85—94, 176—187, 1896. — 43. Moses, A.: O viros mixoma dos coelhas. Memorias do Instituto Oswaldo Cruz, *3*, 46—53, 1911.

44. Ratcliffe, F. N., K. Myers, B. V. Fennessy & J. H. Calaby: Myxomatosis in Australia. A step towards the biological control of the rabbit. Nature, *170*, 7—11, 1952. — 45. Regnier, R., & R. Pussard: Le campagnol des champs (*Microtus arvalis* Pall.) et sa destruction. Ann. Épiphyties, Paris, *12*, 470—514, 1926. — 46. Roed, B.: Scientific war

on rats, a Danish system gives results in many countries. Danish Foreign Office Journ., (2), 25—26, 1949.

47. Sanarelli, G.: Das myxomatogene Virus. Beitrag zum Studium der Krankheitserreger außerhalb des Sichtbaren. Zentralbl. Bakt. I. Abt., *23*, 865—873, 1898. — 48. Schander, R., & G. Götze: Über Ratten und Rattenbekämpfung. Zentralbl. Bakt., II. Abt., *81*, 260—284, 335—501, 1930; *82*, 111—112, 1930. — 49. Schander, R., & R. Meyer: Zur Bekämpfung der Feldmäuse. Arch. Naturgeschichte, *89*, Abt. A, 1—130, 1923. — 50. Siriez, H.: La myxomatose moyen de lutte biologique contre le lapin, rongeur nuisible. Éditions SEP, Paris, 1—87, 1957. — 51. Steiniger, F.: Neue Beobachtungen zur Frage der bakteriellen Nagetierbekämpfung. Mitt. Biol. Zentralanst. (70), 133—135, 1951.

52. Thompson, H. V.: Myxomatosis of rabbits. Agriculture, *60*, 503—508, 1954. — 53. Thompson, H. V.: The wild European rabbit and possible dangers of its introduction into the U.S.A. J. Wildlife Managem., *19*, 8—13, 1955. — 54. Thompson, H. V.: Myxomatosis: a survey. Agriculture, *63*, 51—57, 1956. — 54 a. Thompson, H. V.: Rabbit control in Australia and New Zealand. Agriculture, *65*, 388—392, 440—444, 1958. — 55. Thompson, H. V., & A. N. Worden: The Rabbit. Editions Collins, London, 240 pp., 1956.

c) Mikrobiologische Bekämpfung von Mikroorganismen

Auf das große Gebiet der antagonistischen Wirkung von Mikroorganismen und die darauf aufbauenden Versuche, Bakterien, Viren und Pilze zur Bekämpfung phyto- oder zoopathogener Mikroorganismen zu verwenden, soll hier nur kurz eingegangen werden. Vor allem die neuerdings immer stärkere Tendenz, sich nicht der lebenden Mikroben, sondern der von ihnen produzierten wirksamen Stoffe (Antibiotica) zu bedienen (4), zeigt, daß es sich um ein Grenzgebiet unseres Themas handelt, dem wenig Raum gewidmet werden kann. Einige Gesichtspunkte sind bereits in Bd. II, 2. Lieferg., dieses Handbuches besprochen worden. Hier sollen unter Hinweis auf neue, zusammenfassende Schriften im wesentlichen nur wenige, ausgewählte Beispiele für praxisnahe Versuche mit lebenden Mikroben genannt werden.

Die meisten der vorliegenden Beispiele behandeln die Bekämpfung phytopathogener Pilze durch *Hyphomyceten* der Gattungen *Trichoderma* und *Penicillium* oder durch *Actinomycetales*. Genannt seien hier: Unterdrückung der Gurkensamenwelke (Erreger: *Rhizoctonia solani* Kühn) durch Zufügen von Kulturen von *Trichoderma lignorum* (Tode) zum Boden (1); geringerer Befall von Senfsamen (*Sinapis alba* L.) durch *Pythium sp.*, wenn in dem erst sterilisierten, dann infizierten Boden Samen eingebracht wurden, die vorher mit Sporen von *Trichoderma viride* (Pers.) Fr. oder verschiedenen *Penicillium*-Arten bestäubt worden waren (10); einmalige Impfung des Bodens mit antibiotisch aktiven *Streptomyces*-Stämmen schützte Kressepflanzen (*Lepidium sativum* L.) über 12 Wochen lang vor dem Befall von *Rhizoctonia solani* und *Pythium debaryanum* Hesse (3). Drei Anwendungen von besonders aktiven Actinomyceten-Stämmen zusammen mit Kunstdünger ergaben in chinesischen Baumwollpflanzungen 31—50 % weniger *Verticillium*-Welke und 14 bis 40 % mehr Ertrag (11). Daß Streptomyceten auch untereinander antagonistisch wirken können, zeigen die schon älteren Versuche zur Hemmung des Erregers des Kartoffelschorfes (*Streptomyces scabies* [Thaxter] Waksman et Heinrici) durch Zugabe von *Streptomyces praecox* zu dem sterilisierten Boden (vgl. Bd. II, 2. Liefg., S. 517 dieses Handbuches).

Sehr viel weniger Angaben liegen über praxisnahe Versuche zur Verwendung von anderen Bakteriengruppen bei der Bekämpfung phytopathogener Pilze vor. Weizensamen ließen sich gegen die Infektion mit *Fusarium graminearum* Schwabe *(Gibberella saubinetii* [Mont.] Sacc.) dadurch schützen, daß man antagonistische, lysogene

Bakterien 24 Stunden vorher in die sterilisierte Erde einbrachte (5). Einen mit vielen Beispielen versehenen Überblick über die Bekämpfung von Pflanzenkrankheiten mittels verschiedener antagonistischer Organismen geben Wood & Tveit (9). Hierin und in Arbeiten von Winter (8) wird immer wieder darauf hingewiesen, daß sich die in sterilisierter Erde gewonnenen Ergebnisse nicht sicher unter natürlichen Bedingungen reproduzieren lassen, da die komplexere Situation in natürlichen Böden (Mikrobiozönose) auch auf die Virulenz der Keime, die Konkurrenzverhältnisse und die Adsorption der wirksamen Stoffe einwirkt.

Für die Praxis der Intensivkulturen wichtig sind schließlich solche Fälle, bei denen nach der Anwendung von Fungiziden der Dithiocarbamat-Gruppe (Thiram, Ferbam) zur Bodendesinfektion nur wenige widerstandsfähige Arten überleben, die, wie *Trichoderma viride* oder *Penicillium*, danach um so stärker wirken können. Beispiele dafür sind der nach solcher Begasung mögliche Schutz von Erbsen gegen Befall mit *Pythium ultimum* Trow. (6) und stärkere Angriffe der genannten Antagonisten gegen den Hallimasch (*Armillaria mellea* [Vahl.] Quel.), dessen dickwandige Pseudosklerotien nur im unbehandelten Boden gegen *Trichoderma* geschützt sind (2).

Die große Hoffnung, die man ursprünglich bezüglich der Verwendbarkeit von Bakteriophagen zur Vernichtung von human- und tierpathogenen Bakterien hegte, hat sich im allgemeinen nicht bewahrheitet. Am Rande sei lediglich das thematisch nicht in dieses Handbuch gehörende, aber grundsätzlich wichtige Beispiel der Bekämpfung der bakteriellen Bauchwassersucht des Karpfens (*Cyprinus caprio* L.) durch Bakteriophagen erwähnt. Die Erreger der Bauchwassersucht (*Pseudomonas punctata ascitae* [Zimmermann] Schäperclaus) werden nach der vorbeugenden Verfütterung der *punctata*-Phagen so reduziert, daß weniger Fische sterben und der Zuwachs bedeutend ansteigt (7). Inzwischen hat sich jedoch die Behandlung der Seuche mit Antibiotica als billigeres und besseres Verfahren durchgesetzt.

Literatur zu 3, c

1. Allen, M. C., & C. M. Haenseler: Antagonistic action of *Trichoderma* on *Rhizoctonia* and other soil fungi. Phytopathology, *25*, 244—252, 1935.

2. Bliss, D. E.: The destruction of *Armillaria mellea* in citrus soils. Phytopathology, *41*, 665—683, 1951.

3. Mach, F.: Untersuchungen über die Möglichkeiten einer Bekämpfung phytopathogener Pilze mit saprophytischer Bodenphase (Vermehrungspilze) durch Superinfektion mit antagonistisch aktiven *Streptomyces*-Stämmen. Zentralbl. Bakt. II, *110*, 1—25, 1956. — 4. Martin, H.: Chemical aspects of ecology in relation to agriculture. Canad. Dept. Agr., Ottawa, Canada, Publ. 1015, 96 pp., 1957.

5. Novogrudskij, D.: The use of microorganisms in the control of fungal diseases of cultivated plants. Bull. Acad. Sci. URSS, Sér. biol., *1*, 277—293, 1936 (Orig. russisch).

6. Richardson, L. T.: The persistence of thiram in soil and its relationship to the microbiological balance and damping-off control. Canad. J. Bot., *32*, 335—346, 1954.

7. Schäperclaus, W.: Die Bedeutung der Bakteriophagen von *Pseudomonas punctata ascitae* (Zimmermann) Schäperclaus für die Entstehung und Bekämpfung der infektiösen Bauchwassersucht des Karpfens. Z. Fischerei u. Hilfswissensch. *3*, NF, 111—182, 1954.

8. Winter, A. G.: Beziehungen zwischen Edaphon und Pflanze im Lichte neuerer Biocönoseforschung. Z. Pflkrankh., *64*, 407—415, 1957. — 9. Wood, R. K. S., & M. Tveit: Control of plant diseases by use of antagonistic organisms. Bot. Rev., *21*, 441—492, 1955. — 10. Wright, J. M.: Biological control of a soilborne *Pythium* infection by seed inoculation. Plant and Soil *8*, 132—140, 1956.

11. Yin, S. Y., D. C. Keng, K. Y. Yang & D. Chen: A further study of the biological control of *Verticillium*-wilt of cotton. Acta Phytopath. Sinica, *3*, 55—61, 1957.

4. Verwendung von Arthropoden gegen Schadinsekten und Milben

a) Grundlagen

aa) Parasiten und Prädatoren

Will man Arthropoden dazu verwenden, schädliche Insekten oder Milben zu bekämpfen, so muß man die Beziehungen zwischen den Vertretern dieser Tiergruppe kennen. Der beschränkte Raum verbietet es, näher auf die äußerst mannigfaltigen Formen und Verhaltensweisen räuberischer oder parasitischer Arthropoden einzugehen. In den folgenden Abschnitten sollen wenigstens die Grundlagen kurz dargestellt werden, damit in dem anschließenden Kapitel über die Anwendungsweise sowohl die Prinzipien des Gegeneinander-Wirkens der Arthropoden untereinander als auch die dafür in der wissenschaftlichen Literatur üblichen Fachausdrücke verständlich sind. Zum vertieften Studium sei auf die zusammenfassenden Schriften von Balduf (7), Clausen (40), Doutt (58), Escherich (63), Flanders (93)[1]), Imms (130), Smith (229), Stellwaag (237), Sweetman (241) u. a. verwiesen.

Die Beziehungen zwischen zwei Tierformen können beiden Partnern nützlich sein (Symbiose), keine Vorteile bzw. Nachteile bringen (Kommensalismus) oder einen der Partner schädigen. Nur diese zuletzt genannte, antagonistische Beziehung soll uns hier beschäftigen. Da Insekten auf unserem Gebiet innerhalb der Gliederfüßler eine dominierende Rolle spielen, spricht man meist von entomophagen (insektenfressenden) Insekten und schließt stillschweigend die Milben *(Acarina)*, gelegentlich sogar die Spinnen *(Aranea)* mit ein. Daß sich Insekten gegenseitig auffressen, gibt es in allen größeren Ordnungen und in jeder Form, von einer lockeren Beziehung (Notnahrung) bis zu der ganz spezifischen Bindung an eine Art. Sweetman (241) nennt 89 Insekten-Familien in 5 Ordnungen, in denen parasitisch lebende Vertreter vorkommen, sowie 209 Familien in 17 Ordnungen mit räuberischen Entomophagen.

Arthropodenfeinde unter den Arthropoden sind entweder Räuber (predators) oder Parasiten. Unter „Parasit" wird aber keineswegs in allen Teilgebieten des Pflanzenschutzes oder gar der Biologie dasselbe verstanden. Um dem unseligen Durcheinander zwischen dem Sprachgebrauch der Vertreter der Phytopathologie und der angewandten Entomologie zu entgehen, wird hier auf das Primat einer allumfassenden und logischen Einteilung zugunsten klarer Verständlichkeit verzichtet; es werden in Anpassung an den bei Teildisziplinen bereits üblichen Sprachgebrauch bezeichnet: Metazoen, welche Nutztiere, Nutzpflanzen oder für den Menschen wertvolle Produkte aller Art verzehren bzw. verändern, als „Schädlinge"; Mikroorganismen einschließlich der Protozoen und Viren, die Pflanzen und Tiere schädigen, als „Krankheitserreger"; Metazoen, welche von lebendigen Tieren leben, entweder als „Schmarotzer" = „Parasiten" oder als „Räuber" = „Episiten" = „Prädatoren" (vgl. unten und [214]). Dabei ist zu beachten, daß in der allgemeinen Parasitenkunde und Veterinärmedizin als Parasit ein Lebewesen bezeichnet wird, das von einem anderen (dem Wirt) lebt, ohne es wesentlich zu schädigen. Parasitisch lebende entomophage Insekten töten jedoch ihren Wirt und müßten daher streng genommen „Parasitoide" oder Raubparasiten heißen. Tatsächlich hat sich aber der Ausdruck Parasit oder Schmarotzer in der angewandten Entomologie für solche Entomophagen eingebürgert, die ihre Entwicklung in oder an einem einzigen Wirtsindividuum durchmachen, dabei nur ein geringes Bewegungsvermögen haben und kleiner sind als der parasitierte Wirt, der gewöhnlich nach Abschluß der Parasitenentwicklung stirbt.

[1]) Herrn Professor Dr. S. E. Flanders bin ich für die Erlaubnis sehr dankbar, das Manuskript der erwähnten Schrift einsehen zu dürfen.

Typische Vertreter schmarotzender Entomophagen sind z. B. parasitische Hymenopteren (Schlupfwespen und Gallwespen) mit den artenreichen Überfamilien der Ichneumonoidea (Familien: Ichneumonidae, Braconidae u. a.), Chalcidoidea (Familien: Trichogrammatidae, Pteromalidae, Aphelinidae, Encyrtidae, Chalcididae u. a.), Proctotrupoidea, Cynipoidea, Vespoidea u. a.; wirtschaftlich wichtige Parasiten gehören ferner zu den Dipteren, vor allem zu der Familie der Tachinidae (= Larvaevoridae) oder Raupenfliegen (40).

Dagegen versteht man unter Prädatoren oder Räubern solche Entomophagen, die mehr als ein Beuteindividuum zu ihrer eigenen Entwicklung benötigen und die zumeist gut beweglich sowie größer als ihre Beutetiere sind. Im Gegensatz zu den Parasiten leben die Imagines der Prädatoren, soweit sie sich überhaupt räuberisch ernähren, meist von den gleichen Beutetieren wie ihre Larven.

Wichtige Vertreter der Prädatoren finden sich z. B. bei den Coleoptera (Carabidae oder Laufkäfer, Coccinellidae oder Marienkäfer u. a.), den Diptera (Itonididae [= Cecidomyiidae] oder Gallmücken, Syrphidae oder Schwebfliegen u. a.), den Hemiptera und auch bei den Hymenoptera (Formicidae oder Ameisen u. a.) (40).

Wie häufig bei künstlich geschaffenen Kategorien gibt es in der Natur Übergangsformen auch zwischen Räubern und Parasiten. So entwickelt sich z. B. die Larve der Schlupfwespe *Scutellista cyanea* Motsch. (Pteromalidae) nur dann parasitisch an Schildläusen, wenn deren Eivorrat zu klein ist; sind genügend Eier vorhanden, lebt sie räuberisch von diesen (232). Die Larve des räuberischen, auf *Leptinotarsa decemlineata* (Say) spezialisierten Carabiden *Lebia grandis* Hentz lebt parasitisch (und zwar ektoparasitisch, s. unten) von nur einer Larve oder Puppe des Kartoffelkäfers, die sie im Laufe ihrer Entwicklung aussaugt (36). Auch zwischen den Verzehrern lebender und toter Insekten gibt es Übergänge: Die Diptere *Megaselia rufipes* Meig. (Phoridae) entwickelt sich z. B. als Larve sowohl an lebenden Insektenlarven (parasitisch), etwa von *Melolontha* sp., als auch an Insektenkadavern, faulenden Pflanzen sowie anderen organischen Substanzen (saprophag) (169). Verschiedene Vertreter der Eurytomidae (Chalcidoidea) gehen während der Larvenentwicklung sogar regelmäßig von entomophager zu phytophager Lebensweise über (40).

Die Typen der Parasiten bei den Insekten lassen sich nach verschiedenen Gesichtspunkten einteilen (4, 228). Nach dem Ort der Larvenentwicklung, bezogen auf den Wirt, unterscheiden wir Ekto- und Entoparasiten (external and internal parasites). Ektoparasiten fressen außen am Wirt, der entweder noch eine begrenzte Zeit lang beweglich bleibt, z. B. bei Befall durch die Eulophide *Euplectrus bicolor* Swed., oder — dies ist die Regel — beim Anstich durch das Weibchen gelähmt wird, z. B. bei Befall durch die Gattung *Ephialtes* Grav. (Ichneumonidae). Häufig leben ektoparasitische Schlupfwespenlarven an Wirten, die geschützt gegen Außeneinflüsse Minen, Gespinste o. ä. bewohnen; an offen lebenden Formen sind sie seltener (vgl. aber Abb. 29). Entoparasiten entwickeln sich als Larve im Innern des Wirtes, der noch einige Zeit weiterlebt und, bei fressenden Stadien, weiter-

Abb. 29: Ektoparasitische Schlupfwespenlarven (*Adelognathus brevicornis* Holmgr.) (Ichneumonidae) saugen an der erwachsenen Larve einer Fichtenblattwespe (*Pachynematus scutellatus* [Htg.]). (Orig.)

frißt. Manche Entoparasiten, z. B. die zu den Braconiden gehörenden Cheloninae und Macrocentrinae, leben als erwachsene Larven ektoparasitisch an den Resten des Wirtes. Andererseits leben manche Schlupfwespen, z. B. die Aphelinide *Eretmocerus serius* Silv., zuerst ektoparasitisch und als Altlarve entoparasitisch. Daß Ektoparasiten ihren Wirt meist schneller töten als Entoparasiten, hat wenig praktische Bedeutung, da erstere meist entsprechend spätere Stadien attackieren und die Wirtslarven doch erst am Ende ihrer Entwicklung absterben.

Innerhalb der Ekto- und Entoparasiten unterscheidet man Ei-, Larven-, Puppen- und Imaginal-Parasiten, je nach dem Stadium, in oder an dem der Parasit sich entwickelt. Diese Bezeichnungen sind jedoch nur dann eindeutig, wenn die gesamte Entwicklung des Parasiten bei einem Wirtsstadium abläuft. Zahlreiche Schlupfwespen belegen jedoch Wirtseier, die Larven wachsen in den Wirtslarven heran und verlassen erst diese, manchmal sogar erst die Puppe. Solche Ei-Larven-Parasiten (42) gibt es bei mehreren Familien der Ichneumonidea, Chalcidoidea, Cynipoidea und Proctotrupoidea, besonders häufig bei Arten mit Polyembryonie (s. unten). Bei anderen Schlupfwespen findet man Larven-Puppen-Parasiten, die (meist erwachsene) Larven belegen und dann in der Puppe des Wirtes ihre Entwicklung beenden (z. B. viele Ichneumonidae).

Noch viel mehr Unterschiede bestehen schließlich bei dem instinktmäßig bei den einzelnen Arten fixierten Ort der Eiablage. Manche Vertreter der Ekto- und Entoparasiten legen ihre Eier nur in die Nähe des Wirtes, so daß die bewegliche Parasitenlarve aktiv in diesen eindringen muß, oder an das Wirts-Integument, oder — dies jedoch nur bei Entoparasiten — in die Körperhöhle bzw. in ein bestimmtes Organ des Wirtstieres. Wo die Eier im oder am Wirt abgelegt werden, ist häufig streng artspezifisch (40). Im Laufe einer Gradation des Wirtes kann sich diese strenge Lokalisierung jedoch lockern, wahrscheinlich als Folge stärkerer Konkurrenz (z. B. bei zwei *Phytodietus*-Arten an dem Lärchenwickler, *Zeiraphera griseana* [Hb.] [11]).

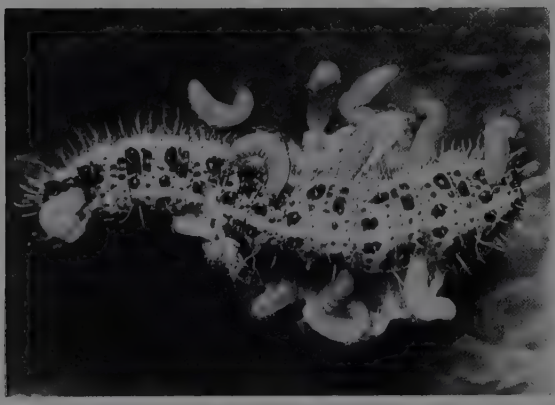


Abb. 30: Gregärparasitismus: Larven der Braconide *Apanteles glomeratus* L. beim Verlassen ihrer Wirtsraupe (*Pieris brassicae* [L.]) und im Begriff, sich Kokons zu spinnen. (Orig.)

Nach der Zahl der Parasitenlarven, die sich normalerweise in oder an einem Wirt entwickeln, unterscheidet man Solitärparasiten und Gregärparasiten. Solitärparasitismus liegt vor, wenn nur ein Parasitenindividuum seine Entwicklung in oder an einem Wirtstier beendet. Meist wird das dadurch erreicht, daß der Wirt nur ein Ei empfängt (z. B.

Glypta murinanae Bauer, Ichneumonidae). Bei anderen reicht die Nahrung nicht für mehr als eine Parasitenlarve (z. B. *Coccophagus ochraeus* How., Aphelinidae), oder durch Konkurrenzkämpfe wird die Zahl der Larven auf eine herabgesetzt (z. B. *Diachasma tryoni* [Cameron], Braconidae) oder das erste Parasitenindividuum, das sich zu entwickeln beginnt, hemmt durch seine Sekretion die Entwicklung der anderen (z. B. *Coccophagus trifasciatus* Comp.) (93).

Gregärparasitismus liegt vor, wenn mehr als ein Individuum einer Parasitenart sich in oder an einem Wirtstier zu Ende entwickelt (Beispiel: Die Braconide *Apanteles glomeratus* L. in *Pieris*-Arten) (Abb. 30). Das Weibchen gregärer Parasiten belegt obligatorisch den Wirt mit mehreren Eiern. Manche Arten gedeihen nur als Gregärparasiten; so entwickeln sich die Larven der Encyrtide *Diversinervus smithi* Comp. nicht zu Ende, wenn weniger als 4 Larven je Wirt leben, wahrscheinlich, weil dann flüssige Bestandteile des Wirtes übrig bleiben, die eine normale Verpuppung im Wirtsrest verhindern. Bei manchen Gregärparasiten, wie der Eulophide *Melittobia acasta* Wlk., begatten die flügellosen und blinden Männchen die Weibchen-Geschwister noch vor dem Verlassen der Wirtsreste, in denen sie sich verpuppt hatten. Ganz allgemein erhöht Gregärparasitismus die Aussicht, daß sich die Geschlechter finden. Manche Schlupfwespen sind solitär in kleinen und gregär in großen (älteren) Stadien des Wirtes (z. B. *Metaphycus luteolus* Timb. [Encyrtidae], als Parasit von *Coccus hesperidum* L.).

Der Polyembryonalparasitismus kann als Sonderfall des Gregärparasitismus gelten, da viele Larven ihre Entwicklung in einem Wirt beenden; diese gehen jedoch auf ein einziges Ei (oder ganz wenige Eier) zurück, aus dem durch fortgesetzte Teilung eine ganze Anzahl (bis 3000) Nachkommen entstanden sind. Diese Polyembryonie kommt mit einer Ausnahme nur bei Hymenopteren vor, und zwar bei den Braconidae *(Macrocentrus* spp.), den Encyrtidae *(Ageniaspis, Litomastix, Copidosoma* usw.), den Platygasteridae *(Platygaster spp.)* und den Dryinidae *(Aphelopus theliae* Gahan) (40, 218). Die genannten Encyrtiden und Platygasteriden belegen stets das Wirtsei, entwickeln sich aber, wie die übrigen polyembryonen Arten, in der Larve oder Puppe des Wirtes zu Ende. Weitere Einzelheiten der Polyembryonie werden auf S. 146 besprochen.

Nach der mehr oder weniger ausgeprägten Spezifizität bei der Wahl ihrer Beutetiere bzw. Wirte unterscheidet man mono-, oligo- und polyphage Entomophagen. Diese leben entweder von nur einer Art, von wenigen oder zahlreichen Arten. — Nicht zu verwechseln damit sind der mono- und der heteroxene Parasitismus (monoxenous, heteroxenous parasitism) (241), bei denen nach der zur Vollendung des Entwicklungszyklus notwendigen Zahl von Wirtsarten unterschieden wird. Im Laufe eines Jahres, einer Vegetationsperiode usw. benötigt der monoxene Parasit in einer bestimmten Gegend nur eine Wirtsart, der heteroxene zwei oder mehr. Über die bei der Beute- und Wirtswahl auftretenden Mechanismen sowie über die Wirksamkeit der verschiedenen Parasitentypen wird später noch berichtet.

Nicht immer empfängt ein Wirtstier nur soviel Parasiteneier (oder Embryonen), wie sich bei ihm Larven zu normalen Imagines entwickeln können. Ist ein Wirts-

individuum zufällig von einer größeren als der üblichen und zuträglichen[2]) Zahl von Larven derselben Parasitenart befallen, bezeichnet man dies als Superparasitismus (superparasitism) (4, 69, 228). Dieser kommt zustande, wenn ein Weibchen den früher schon einmal belegten Wirt nochmals mit einem Ei versieht, oder auch durch die Eiablage von mehreren Weibchen bei dem gleichen Wirt. Hier sind also die einzelnen Parasitenlarven Konkurrenten, bei dem Gregärparasitismus jedoch Tischgenossen. Beim Multiparasitismus (multiparasitism oder multiple parasitism) ist dasselbe Wirtsindividuum gleichzeitig von zwei oder mehr Larven verschiedener Parasitenarten befallen. Sehr selten bleiben dabei beide Arten am Leben. Gewöhnlich entwickelt sich nur eine oder — und das ist der häufigste Fall — beide gehen vor der Verpuppung zugrunde. Wenn nur einer der beiden Konkurrenten überlebt, ergeben sich Anklänge an den Hyperparasitismus (s. unten). Während bei diesem jedoch die Larve des Primärparasiten den Schlüsselreiz für den Hyperparasiten liefert, wird beim Multiparasitismus der Wirt um des Wirtes willen angestochen und belegt (4).

Super- und Multiparasitismus stellen eine über das übliche und zweckmäßige Maß hinausgehende Parasitierung des Wirtstieres dar; sie sind damit in gewissem Sinne biologische Fehlleistungen der Parasiten, die im Versuch zu erzwingen sind, unter natürlichen Bedingungen aber nicht allzu häufig auftreten. Multiparasitismus ist dabei im allgemeinen seltener als Superparasitismus, kann aber bei der Einfuhr konkurrierender Arten in ein neues Gebiet wichtig werden (229). Beide haben zur Voraussetzung, daß a) im Verhältnis zur Wirtszahl viele Parasiten vorhanden sind und daß diese b) entweder über eine mangelnde Unterscheidungsfähigkeit (discrimination) belegter und unbelegter Wirtstiere verfügen oder c) trotz erkannter Unterschiede ihren Eivorrat nicht beliebig lange zurückhalten können (restraint).

Der zuletzt erwähnte Fall liegt z. B. bei *Spalangia drosophilae* Ashm. vor, einer Erzwespe, die von ihr belegte Puparien von *Drosophila melanogaster* Mg. wohl erkennt, bei Unterangebot von Wirten aber schließlich doch belegt (225). Auch hierbei überlebt nur eine Parasitenlarve. Parasiten, die sich in superparasitierten Wirten entwickelt haben, entsprechen in Habitus und Verhalten mangelhaft ernährten Individuen. So schlüpften z. B. aus superparasitierten Wirtseiern Wespen von *Trichogramma japonicum* Ashm., die sich von normalen Artgenossen durch folgendes unterschieden: geringere Körperlänge, ständiger Rückgang des Weibchenanteils und der Eizahl dieser Weibchen, unvollkommene Entwicklung mancher Wespen (131) (vgl. auch S. 147).

bb) Gegenseitige Beziehungen der Entomophagen

α) Konkurrenz

Während das Zustandekommen der Mehrfachparasitierung ein Teil des Problems ist, wie geeignete Wirte gefunden bzw. ungeeignete abgelehnt werden (vgl. S. 125 ff.), gehören ihre Folgen für die Parasiten zu dem hier behandelten Thema der Konkurrenz artgleicher und artverschiedener Entomophagen um einen Wirt oder um eine Beute. Wenn konkurrierende Schmarotzer in einem Wirtstier an sich gleich gut geeignet sind, haben diejenigen Aussicht zu überleben, die 1) früher zu fressen beginnen, da die ältere Larve gewöhnlich die entsprechenden Wirtsgewebe verbraucht;

[2]) Mehrfachbelegung durch Gregärparasiten rechnen wir in Anlehnung an die im angelsächsischen Schrifttum übliche Terminologie also solange nicht zum Superparasitismus, wie sie den Nachkommen nicht schadet.

2) beißende Mundwerkzeuge besitzen; 3) Substanzen sezernieren, die für den Konkurrenten toxisch sind; 4) deren Larven sich am schnellsten entwickeln.

Diese im Innern des Wirtes (intrinsically) überlegenen Parasitenlarven werden wiederum denen gegenübergestellt, die außerhalb (extrinsically) sich besser durchsetzen. So sind z. B. die Ektoparasiten im Konkurrenzkampf am gleichen Wirt den Entoparasiten zumeist überlegen (z. B. *Cryptus inornatus* Pratt, Ichneumonidae, Parasit von *Loxostege sticticalis* L.) (222). Auch solche Arten, die mehr Wirte finden als andere oder die vorhandene geeignete Mikrohabitate besser zu nutzen verstehen, sind außerhalb des Wirtes lebenstüchtiger. STELLWAAG (237) nennt einige Beispiele dafür, daß Tachinen bei einer Massenvermehrung den Schlupfwespen überlegen waren und sie verdrängten. H. S. SMITH (229) untersucht in einer theoretischen Studie die sich aus den verschiedenen Konkurrenzformen ergebenden Folgen des Multiparasitismus und kommt zu dem Schluß, daß es doch vorteilhafter sei, bei der biologischen Bekämpfung zahlreiche Parasiten einzuführen, anstatt sich aus Furcht vor der Konkurrenz mehrerer Arten auf eine oder wenige zu beschränken.

Folgendes Beispiel aus jüngster Zeit bestätigt diese Ansicht: Zur biologischen Bekämpfung der Orientalischen Fruchtfliege (*Dacus dorsalis* Hendel), die seit 1946 auf Hawaii außerordentlich schädlich aufgetreten war, importierte man aus allen warmen Zonen der Erde Parasiten von ihr und von verwandten Trypetiden (26, 43). Als wichtig erwiesen sich vor allem die Arten der Braconiden-Gattung *Opius*. Die zuerst massenhaft im Insektarium gezüchtete und dann freigelassene Art, *O. longicaudatus* (Ashmead), belegt die Fruchtfliegenlarven im 2. und 3. Stadium. Nach anfänglich starker Vermehrung wurde sie durch *O. vandenboschi* Fullaway verdrängt, da diese bereits die Erstlarve angreift und ihre Larve sich der von *O. longicaudatus* im direkten Konkurrenzkampf (wie Laboratoriumsuntersuchungen ergaben) mechanisch überlegen zeigt. Die ein Jahr später freigelassene Braconide *O. oophilus* Fullaway, ein Ei-Larvenparasit, drängt schließlich die beiden Arten fast ganz zurück (Abb. 31), da sie ein noch früheres Wirtsstadium belegt und da ihre Larve offenbar Stoffe sezerniert, die ihre Konkurrenten an der Entwicklung hindern (physiologische Überlegenheit). Die sukzessive Kolonisation der genannten 3 Parasiten ermöglichte es, zweimal zu beobachten, wie eine Parasitenart durch eine andere verdrängt wurde. Dabei waren die Zeiten heftigster Konkurrenz durch starken Multiparasitismus gekennzeichnet. Der Endeffekt war eine rund 75 %ige Parasitierung der Fruchtfliegen durch den dominierenden Parasiten, wobei der Schaden entsprechend zurückging; die unterlegenen *Opius*-Arten halten sich weiter in ganz geringer Dichte, stören also nicht den Enderfolg. — Einige andere Beispiele hierzu führen SWEETMAN (241) und SIMMONDS (223) an.

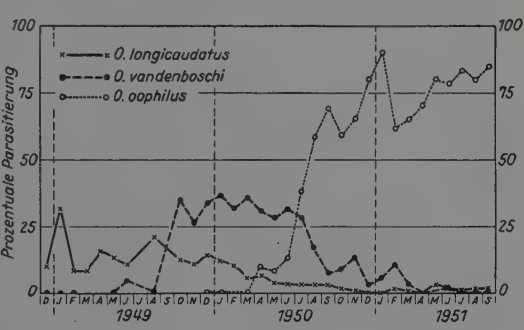


Abb. 31: Beispiel für die Konkurrenz von Schlupfwespen um einen Wirt: Die Aufeinanderfolge von Parasiten der Orientalischen Fruchtfliege (*Dacus dorsalis* Handel) auf Oahu (Hawaii) von Dezember 1948 bis September 1951 (Einzelheiten vgl. Text; die Angaben stammen von befallenen Guava-Früchten). (Nach VAN DEN BOSCH & HARAMOTO, 1953 (43)

Nicht immer überlebt, wie erwähnt, eine von den Parasitenlarven, wenn eine übernormale Anzahl in einem Wirt zugleich heranwächst. Besonders gründlich sind diese Verhältnisse bei dem Eiparasiten *Trichogramma evanescens* Westw. untersucht worden (199). Befinden sich nur 2 oder 3 (statt üblicherweise 1) Parasiten in einem Wirtsei (*Sitotroga cerealella* [Ol.]), so überlebt einer von ihnen. Bei

stärkerer Konkurrenz schlüpfen entweder verkrüppelte oder gar keine Wespen mehr. Je stärker die Parasitenzahl im Verhältnis zu einer konstanten Wirtszahl im Versuch zunimmt, desto mehr Superparasitismus kommt vor, obwohl die Imagines sehr wohl zwischen schon belegten und nicht belegten Eiern unterscheiden können. Die Zahl nicht parasitierter Wirte nimmt dann ständig ab; dagegen steigt die Anzahl der Wirtseier, aus denen weder Wirte noch Parasiten schlüpfen. Die Zahl der gesamten Nachkommen aller Parasiten nimmt nach Überschreitung eines gewissen Optimums wieder ab. Die je Parasiten-Weibchen erzeugten Nachkommen gehen mit zunehmender Parasitendichte fortlaufend zurück, und immer mehr von ihnen sind verkrüppelt und/oder Männchen.

Die Abneigung derartiger Parasiten gegen eine Überbelegung der Wirte (vgl. S. 130) hat also ihren handfesten biologischen Grund. Manchmal wirkt die Parasitenlarve stimulierend auf die Entwicklung des Wirtes, und solche Tiere verpuppen sich früher als parasitenfreie (z. B. *Alysia manducator* Panz. in Dipteren-Larven [197]). Diese Reaktion auf die Parasitierung erschwert gleichzeitig eine Überbelegung. Superparasitismus und Multiparasitismus sind Sonderfälle der intra- bzw. interspezifischen Konkurrenz, deren begrenzender Einfluß auf die Populationsdichte unter allgemeinen Gesichtspunkten schon früher besprochen worden war (vgl. S. 27).

Auch unter räuberischen Arthropoden gibt es häufig Konkurrenzerscheinungen zwischen Artgenossen und zwischen Vertretern verschiedener Arten. Je nach dem Grad der angeborenen Spezifität bei der Nahrungswahl beobachten wir, daß sich artgleiche Individuen entweder schon unter normalen Lebensbedingungen (z. B. Chrysopidae) oder im Falle des Nahrungsmangels gegenseitig auffressen (Kannibalismus). Solches Verhalten kann durchaus arterhaltend wirken; so dienen die Eier von Coccinelliden den zuerst schlüpfenden Larven eines Geleges häufig als erste Nahrung; bei *Coccinella septempunctata* L. und *Adalia bipunctata* (L.) endeten in einem genau beobachteten Beispiel 10—12 % der fertilen und die meisten infertilen Eier auf diese Weise (13). Die beutesuchenden Erstlarven leben nach Verzehren eines Eies bereits doppelt solange, und wenn sie mehr als eines fressen, erreichen sie ohne Zusatznahrung sogar das 2. Stadium. — Die Eier der sehr polyphagen *Chrysopa*-Arten sind dagegen gestielt und hierdurch vor den eigenen Geschwistern geschützt (Abb. 32). Fakultativer Kannibalismus unter schlechten Ernährungsbedingungen dürfte die Regel sein. Um so auffälliger ist es, wenn manche Prädatoren, wie z. B. die Larven des Derodontiden *Laricobius erichsonii* Rosenh., auch in der Not nur ihre gewöhnlichen Beuteinsekten (Chermesiden) annehmen und sich nicht an Artgenossen vergreifen (101).

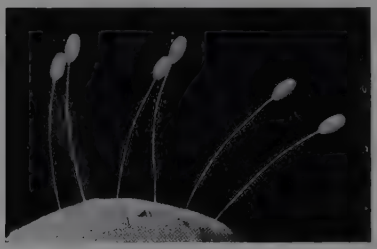


Abb. 32: Gestielte Eier von *Chrysopa*-Arten sind gegen Kannibalismus geschützt (4× vergr.) (Orig.)

Interspezifische Konkurrenz bei Räubern ist recht verbreitet und — wie gesagt — oft abhängig von der mehr oder minder großen Spezifität bei der Beutewahl. Sie wird besonders akut, wenn Beuteinsekten, wie z. B. Aphiden, Chermesiden u. a., von einer ganzen Räubergemeinschaft angegriffen werden, die sich vor

allem am Ende einer Gradation um die Beutereste zusammendrängt. Übergriffe der weniger spezifischen und mit beißenden Mundwerkzeugen versehenen Arten (z. B. Coccinelliden-Larven) auf ihre Konkurrenten sind dann durchaus üblich.

Wenn als Folge zwischenartlicher Konkurrenz eine Raubameisenart eine zweite verdrängt, ändert sich auch die Zusammensetzung der Phytophagenfauna, soweit beide Räuber verschiedene Beutetiere wirksam begrenzen. So vertreibt in Ostafrika manchmal *Anoplolepis longipes* (Jard.) die durch Kurzhalten von Palmenschädlingen (z. B. *Pseudotheraptus wayi* [Brown] [Coreidae]) sehr nützliche Raubameise *Oecophylla longinoda* (Latr.); als Folge hiervon vermehrt sich die Coreide wieder, denn *A. longipes* stellt ihr nicht nach, und gleichzeitig verschwinden honigtauspendende Schildläuse, die bisher von *O. longinoda* vor ihren Feinden beschützt worden waren (278). Hier handelt es sich also nicht um Nahrungs(Beute)-Konkurrenz, sondern die Arten kämpfen um den Wohnraum (vgl. S. 203).

Schließlich machen sich auch Prädatoren und Parasiten Konkurrenz. Nur scheinbar ist dabei der Räuber überlegen, da er in der Regel (nicht immer! vgl. unten) parasitierte Beutetiere ebenso annimmt wie nicht parasitierte. Andererseits werden die meisten räuberischen Arthropoden, ebenso wie Phytophagen, von Parasiten angegriffen. Da deren Einfluß recht bedeutend sein kann, muß man bei der Einfuhr von Prädatoren sorgfältig beachten, daß nur parasitenfreie Individuen freigelassen werden. Beide Entomophagen-Typen können jedoch nur dann direkt miteinander konkurrieren, wenn sie sich gegenseitig durch örtliche und zeitliche Koinzidenz erreichen können. Indirekt kann natürlich jede Reduktion der Beute- oder Wirtszahl den darauf angewiesenen Gegenspieler schädigen.

Einige Beobachtungen weisen darauf hin, daß Prädatoren manchmal auch parasitierte Beute erkennen und verschonen. So vermied es z. B. der Marienkäfer *Lindorus lophantae* (Blaisd.) in Transkaukasien, Schildläuse (*Chrysomphalus dictyospermi* [Morg.]) zu verzehren, die von *Aphytis chrysomphali* (Merc.) parasitiert waren (195). Auch außerhalb der Arthropoden, z. B. bei verschiedenen nordamerikanischen Spitzmäusen (Soricidae), hat man nachgewiesen, daß sie Blattwespenkokons (*Neodiprion sertifer* [Geoffr.]) bevorzugen, die weder parasitiert noch verpilzt sind (123). Bisher liegen jedoch erst für wenige Prädatoren solche Versuchsergebnisse vor.

β) Gegenseitige Störung

Als eine besondere Form der Konkurrenz läßt es sich bereits bezeichnen, wenn sich Räuber und Parasiten nicht gegenseitig auffressen, sondern nur stören und dadurch vom Angriff auf Phytophagen abhalten. Eine solche Störung der Entomophagen verursachen bei hoher Populationsdichte manchmal Artgenossen (bei Schlupfwespen z. B. *Cryptus inornatus* Pratt [Ichneumonidae]) (270), vor allem aber Ameisen (Formicidae). Ohne hier auf die sehr vielfältigen Beziehungen zwischen Ameisen, Homopteren und deren natürlichen Feinden näher einzugehen (170), sei erwähnt, daß die Produktion von „Honigtau", also von zuckerhaltigen Exkrementen der Schildläuse, Blattläuse usw., auf viele Ameisenarten anlockend wirkt. Hierdurch werden manche Entomophagen, die es auf die Homopteren abgesehen haben, nicht gestört, andere werden weitgehend von der Fortpflanzung abgehalten und wieder andere sogar gefördert. Diese drei Möglichkeiten seien kurz betrachtet (95).

Die Wirkung der Ameisen hängt u. a. davon ab, wie sich die natürlichen Feinde verhalten und wie sie geschützt sind. Gegenüber *Lasius niger* L. an einem mit Blatt- und Schildläusen stark besetzten Pflaumenbaum waren z. B. die Imagines von *Anthribus* und von Coccinelliden sowie manche Larven durch glatte bzw. stachelige Oberseite sowie durch ruhiges Verhalten geschützt. Andere wieder, wie die Larven von *Scymnus rubromaculatus*

Goeze (Coccinellidae), wurden beim Zusammentreffen mit Ameisen erregt, liefen weg und unterlagen dann oft im Kampf (285). Als weitere Beispiele für solche Entomophagen, die durch Ameisenbesuch nicht gestört werden, seien erwähnt: *Rodolia cardinalis* (Muls.)[3]) (Coccinellidae) und *Cryptochaetum iceryae* (Will.) (Agromyzidae), in Kalifornien und anderen Ländern eingeführte und wichtige Räuber an der Schildlaus *Icerya purchasi* Mask.; *Tetracnemus pretiosus* Timb. (Encyrtidae), ein 1927 aus Australien mit bestem Erfolg zur biologischen Bekämpfung der Schmierläuse *Pseudococcus gahani* Green und *P. adonidum* (L.) nach Kalifornien eingeführter Parasit (93); Imagines und Puppen von Coccinelliden sowie Eier, Larven und Puparien von Syrphiden, wenn *Formica rufa* L. die Pflanzenläuse beschützt (280).

Viele Beispiele für die große Gruppe der natürlichen Feinde von Homopteren, die durch Ameisen gestört werden, nennt Nixon (170); hier seien erwähnt: *Aphycus luteolus* Timb. (Encyrtidae), wirksamer Parasit der Schildlaus *Coccus hesperidum* L.; *Aphycus helvolus* Comp., wirksamer Parasit von Schildläusen wie *Saissetia oleae* (Bern.), der zur Ablage eines Eies 5 Minuten benötigt (83); der Räuber- und Parasitenkomplex von *Pseudococcus citri* (Russo) in Kalifornien (95) und von *Aonidiella aurantii* (Mask.) in Südafrika (238). Auf den Pflanzenteilen, die bestimmte Ameisen wegen ihrer Honigtauquellen besuchen, werden auch die Feinde von nicht Honigtau sezernierenden Arten (z. B. Diaspidinen und Milben) teilweise verjagt (52). In unseren Breiten können Ameisen ebenfalls Homopteren mehr oder weniger wirksam beschützen, wie Beobachtungen zeigen: so an der Schildlaus *Pterocomma salicis* (L.), geschützt durch *Formica rufa* (280), sowie an der Bohnenblattlaus *Aphis fabae* Scop., geschützt durch *Lasius niger* vor Junglarven der Coccinellide *Coccinella septempunctata* (14). Wie man durch Fernhalten der Ameisen deren Wirkung auf andere Entomophagen nachweist und wie man durch Ameisenbekämpfung erreichen kann, daß die vorhandenen Feindarten der Pflanzensaftsauger wieder eingreifen können, wird später besprochen (S. 242 und S. 214).

Zu der dritten Gruppe der Entomophagen, die durch Ameisenbesuch der Wirte gefördert werden, gehören naturgemäß solche Arten, die eine große Wirtsdichte benötigen, selbst aber unter den Formiciden nicht leiden; sie profitieren lediglich davon, daß Ameisen die Konkurrenten abhalten. Hierzu gehören z. B. *Coccophagus rusti* Comp. und *C. capensis* Comp. (Aphelinidae), Parasiten der Schildlaus *Saissetia oleae* (Bern.) in Kalifornien (95).

Außer den oben erwähnten Eigenschaften des Körperbaues und des Verhaltens von Entomophagen beeinflußt auch die Aggressivität der betr. Ameisen entscheidend das Ergebnis. In Kalifornien gibt es z. B. erst durch Ameisen verursachte Übervermehrungen von Homopteren (vor allem an *Citrus*-Bäumen), nachdem etwa 1900 die sehr aktive Argentinische Raubameise *Iridomyrmex humilis* (Mayr) eingeschleppt worden war. Andererseits vermögen zwei Ameisenarten sich gegenseitig so in Schach zu halten, daß nur wenige Tiere zu den Honigtauspendern gelangen und dabei den Einfluß natürlicher Feinde nicht mindern (Beisp.: *Pheidole megacephala* F. und *Anoplolepis custodiens* Smith an der Citrus-Schildlaus *Aonidiella aurantii* [Mask.] in Transvaal) (239). Eine dieser Ameisenarten allein verursacht hingegen schwere Schäden, da Feinde der genannten Schildlaus dann nicht wirken können.

Im Laufe des Jahres ändert sich vor allem in temperierten Klimagebieten der Einfluß der Ameisen erheblich. Im allgemeinen ist ihre schützende Wirkung gegen andere Entomophagen im Frühling am größten. Bei verschiedenen Lachniden erwies sich die weitere Gradation im Sommer und Herbst dann als weitgehend von Ameisen *(Formica rufa)* unabhängig und vorwiegend vom physiologischen Zustand der Wirtspflanze gesteuert (162). Ganz allgemein läßt sich feststellen, daß die Schutz-

[3]) *Rodolia chermesina* Muls. erwies sich dagegen auf den Seychellen als empfindlich gegen Ameisen (132).

wirkung von Ameisen für Honigtau ausscheidende Insekten etwa umgekehrt proportional der Größe dieser Population ist. Schließlich beenden kühle Temperaturen die Aktivität von Ameisen bei ihren Honigquellen gewöhnlich früher als die der natürlichen Feinde.

Angesichts der engen Wechselbeziehungen zwischen solchen Homopteren und den sie pflegenden Ameisen verwundert es nicht, daß umgekehrt ein durch natürliche Feinde bedingter Rückgang der Honigtau-Produzenten auch zu einer Abnahme der auf diese angewiesenen Ameisen führt. Solche Abhängigkeiten lassen sich am besten dort studieren, wo einer der Schlüsselfaktoren neu hinzukommt.

So gab es in Kalifornien z. B. einen hohen Bestand der „black scale" *(Saissetia oleae)* an allen ihren Wirtspflanzen, bevor der aus Südafrika eingeführte Parasit *(Aphycus helvolus)* angesiedelt worden war; entsprechend hoch war der Besatz mit Ameisen *(Iridomyrmex humilis)*. Der starke, von den Parasiten und menschlichen Maßnahmen verursachte Rückgang der Schildlaus führte dann zu einer entsprechenden und dauernden Minderung des *Iridomyrmex*-Bestandes. Die Ameise konnte sich nur dort in größerer Zahl halten, wohin *A. helvolus* infolge seiner besonderen Ansprüche nicht kam, z. B. an dem Strauch *Rhus laurina* (Nutt.) und an den unteren Zweigen von Oleander.

Vom wirtschaftlichen Gesichtspunkt aus sind solche von Ameisen beschützten kleinen Befallsherde erwünscht, da von hier ein beständiger Vorrat von Schildläusen an die nähere Umgebung abgegeben wird, ohne die sich so wirksame Schlupfwespenarten wie *Aphycus* nicht halten können (95). Die Konkurrenz zwischen Ameisen und natürlichen Feinden der Homopteren kann somit zu einem abgepufferten Zustand führen, der sowohl für die einzelnen Arten als auch für die menschliche Wirtschaft günstig ist. — Wenn nach der Einschleppung von Raubameisen plötzlich Übervermehrungen von Homopteren entstehen, die vorher nicht besonders häufig waren, kann dies als Indikator dafür dienen, daß natürliche Feinde zuvor für den niedrigeren Populationsstand entscheidend waren. So führten derartige Beobachtungen in Südafrika an *Saissetia oleae* nach dem Auftreten von *Iridomyrmex* zu der — später durch Auffinden von *Aphycus helvolus* u. a. Schlupfwespen als richtig bestätigten — Voraussage, daß dort wirksame Feindarten existieren (232).

γ) Gegenseitige Förderung

Abschließend sei zum Thema: Konkurrenz unter Entomophagen noch erwähnt, daß auch das Gegenteil, also eine gegenseitige Förderung vor allem unter Artgenossen vorkommt. Außer den bekannten sozialen Arten unter den Prädatoren (Formicidae) mit ihrer auf Arbeitsteilung und Zusammenarbeit verschiedener Formen beruhenden Staatenbildung gibt es auch solitäre Räuber, die als junge Larven zusammenwirken, um große Beute überwältigen zu können (z. B. *Perillus bioculatus* Fabr. (Pentatomidae) als Verzehrer von Kartoffelkäfern, *Leptinotarsa decemlineata* [Say]) (vgl. Abb. 33).

Abb. 33: Larven des zweiten und dritten Stadiums von *Perillus bioculatus* Fabr. (Pentatomidae) saugen gemeinsam eine Kartoffelkäferlarve (*Leptinotarsa decemlineata* [Say]) aus. (Orig.)

Gelegentlich fördert auch eine Parasitenart die zweite: *Agathis pumilus* (Ratz.) (Braconidae), in Nordamerika zur biologischen Bekämpfung der Lärchenminiermotte (*Coleophora laricella* [Hbn.]) eingeführt, verhindert durch seinen Anstich die Verpuppung der Wirtsraupe; dadurch sind im Frühling für den zweiten importierten Larvenparasiten, *Chrysocharis laricinellae* (Ratz.) (Entedontinae), noch Raupen vorhanden. Bei diesem Multiparasitismus unterliegt zwar stets *A. pumilus*, doch ermöglicht er in den gemeinsam besiedelten Gebieten *C. laricinellae* drei Jahresgenerationen und dadurch eine wirksame Reduktion des Wirtes (109).

δ) *Hyperparasitismus*

Einen Sonderfall unter den Beziehungen der Entomophagen untereinander stellt der Hyperparasitismus dar (4, 93, 228). Während wir als Primärparasitismus (Parasitismus ersten Grades) die Lebensweise bezeichnen, bei der ein Schmarotzer in oder an einem nicht parasitischen Wirt lebt, verstehen wir unter Hyperparasitismus jede Form nicht primären Schmarotzertums; er schließt also Sekundär- und Tertiär-Parasitismus (Parasitismus zweiten und dritten Grades) mit ein. Im Unterschied zum Multiparasitismus ist also hier die Entwicklung des Schmarotzers an die Gegenwart eines anderen Parasiten gebunden. Viele Arten, wie z. B. solche der Gattung *Marietta* Motsch. (Aphelinidae), sind obligatorische Hyperparasiten. Andere wieder, wie z. B. *Monodontomerus aereus* Walk. (Torymidae) und *Itoplectis maculator* (F.) (Ichneumonidae), sind sowohl Primärparasiten an zahlreichen Lepidopteren (z. B *Choristoneura murinana* [Hb.]) als auch Hyperparasiten an deren Primärschmarotzern (155, 292). Wirte der Hyperparasiten sind stets Larven oder Puppen parasitischer Dipteren oder Hymenopteren, wobei die Angreifer weniger spezifisch auswählen als manche Primärparasiten. Die meisten Arten der Schmarotzer ersten Grades werden von Sekundärparasiten befallen.

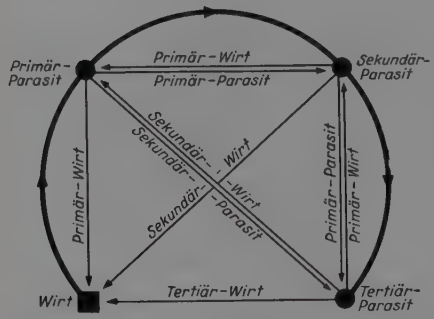


Abb. 34: Beziehungen zwischen Wirt und Parasiten. Das Schema zeigt Name und Art der Beziehungen zwischen jeweils zwei und zwischen allen Arten eines Systems, das aus einem Wirt sowie Parasiten ersten, zweiten und dritten Grades besteht. (Nach C. P. CLAUSEN, 1940) (40)

αα) Sekundärparasitismus

Die allgemein üblichen Bezeichnungen für Wirt und Parasit bei den verschiedenen Typen des Parasitismus erläutert klarer als viele Worte Abb. 34. Bei dem Sekundärparasitismus unterscheiden wir zwei Formen, den direkten und den indirekten (93, 228). Direkte Sekundärparasiten werden von dem Wirt des Primärparasiten nicht beeinflußt, steuern also direkt auf den Parasiten als ihren Primärwirt zu, wenn sie ihn suchen. Dabei kann der Parasit ersten Grades ektoparasitisch sein (z. B. *Ephialtes brevicornis* Grav. mit dem Hyperparasiten *Gelis instabilis* Först. [Ichneumonidae]) oder entoparasitisch leben bzw. sich entwickelt haben (z. B. *Apanteles glomeratus* L. [Braconidae] mit dem Hyperparasiten *Dibra-*

chys cavus Wlk. [Pteromalidae]). — Indirekte Sekundärparasiten werden von dem Wirt des Primärparasiten beeinflußt, wenn sie diesen aufsuchen, und zwar ebenso stark von einem parasitenfreien wie von einem parasitierten. Sie untersuchen diese entweder mit dem Legestachel oder legen ein Ei ab, das sich in dem Sekundärwirt nur entwickeln kann, wenn er später noch von einem Primärparasiten belegt wird, von dessen Larve der Sekundärparasit dann lebt.

Viele *Perilampus*-Arten sind solche indirekten Sekundärparasiten von Lepidopteren, wobei sie auf eine Anzahl primärer Tachinen- oder Schlupfwespenlarven angewiesen sind. Bei ihnen legen die Weibchen ihre Eier jedoch frei auf die Fraßpflanze ab. Die ausschlüpfenden Larven, die dem Planidium-Typ angehören, warten auf vorüberkommende Sekundärwirte (Schmetterlingsraupen). Nachdem sie sich in diese eingebohrt haben, erwarten sie dort ihren eigentlichen Wirt, einen primären Entoparasiten der Raupe, eine Schlupfwespenlarve; nur an dieser können sie sich dann als indirekte Sekundärparasiten entwickeln. Die Eizahl solcher Parasiten ist bei der starken Zufallsabhängigkeit der Entwicklung recht groß, z. B. bis 384 Eier je Weibchen bei *Perilampus tristis* Mayr, Hyperparasit des Kieferntriebwicklers, *Rhyacionia buoliana* (Schiff.) (17).

Die Hyperparasitierung des Pfirsichwicklers *Grapholitha molesta* (Busck) im Kokon verkörpert den direkten und den indirekten Typ. Puppengespinste, die von parasitierten Raupen angefertigt worden sind, werden leichter hyperparasitiert als solche von gesunden Raupen. Ein direkt hyperparasitisches Weibchen erkennt das Gespinst parasitierter Wirte sogleich als geeigneten Eiablageort und untersucht es nicht lange. Ist der Kokon vor der Primärparasitierung gesponnen worden, wird jeder Hyperparasit indirekt, da er seinen Wirt (den Primärparasiten in der Raupe) nur erkennen kann, indem er jedes Gespinst sorgfältig untersucht und befühlert.

ββ) Tertiärparasitismus

Tertiärparasitismus liegt dann vor, wenn ein Sekundärparasit von einem Parasit befallen wird (Abb. 34). Der Nachweis dieser offenbar seltenen Form des Parasitismus bei Arthropoden, vor allem die Unterscheidung vom Multiparasitismus, ist nicht leicht. Als sicheres Beispiel sei genannt: Die Eulophide *Pleurotropis tarsalis* Ashm., die im Vertilgerkreis von *Lymantria dispar* (L.) obligatorisch als Tertiärparasit über *Dibrachys cavus* (Walk.) (Pteromalidae, Sekundärparasit) und mehrere Arten von *Apanteles* Foerst. (Braconidae, Primärparasit) auftritt (156).

Der Einfluß von Hyperparasiten auf ihre Sekundärwirte wechselt sehr stark. Indirekte sind weniger wirksam als direkte, da sie viel Zeit vertun, um auch parasitenfreie Wirte zu belegen. Meist ist die geographische Verbreitung von Hyperparasiten geringer als die von Primärparasiten. Trotzdem gibt es eine Reihe von Beobachtungen, die eine erhebliche, wenn auch örtlich begrenzte Bedeutung von Sekundärparasiten für die Wirkung von primären Schmarotzern und damit für den Massenwechsel der Phytophagen nachweisen. Derartiges ist z. B. bekannt geworden für: *Hemipenthes morio* L. (Bombyliidae), Hyperparasit aus der Nonne *(Lymantria monacha* [L.]) über deren Tachinenparasiten (63); für *Dibrachys cavus* (Pteromalidae) und andere Chalcidoidea, Hyperparasiten am Kohlweißling (*Pieris brassicae* [L.]) über dessen Primärparasiten *Apanteles glomeratus* L. (21). Diese und viele andere Beispiele machen es verständlich, daß bei der Einfuhr von Primärparasiten für die biologische Bekämpfung sehr sorgfältig darauf geachtet werden muß, daß keine Hyperparasiten mit freigelassen werden (vgl. S. 193).

Bei den meisten parasitischen Hymenopteren entwickeln sich Männchen und Weibchen an der gleichen Wirtsart und in der gleichen Weise, entweder als primäre oder

als sekundäre Parasiten bzw. als Ekto- oder Entoparasiten. Dabei ist der einzige vor dem Imaginalstadium sichtbare Geschlechtsunterschied der haploide Zustand des männlichen und der diploide des weiblichen Eies. Bei manchen Apheliniden, die parasitisch an Schildläusen und Schmierläusen leben, unterscheidet sich die Entwicklung der Geschlechter wesentlich voneinander. Weibchen sind stets primäre Entoparasiten und entsprechen dem bei Hymenopteren üblichen Habitus. Die Larven der Männchen leben dagegen gewöhnlich hyperparasitisch in den Wirten der Weibchen, und zwar zumeist an den Weibchenlarven der eigenen Art (Autoparasitismus). Diese von Flanders (74, 76, 96) gefundenen Unterschiede der Geschlechter in ihrer Beziehung zum Wirt (sex differentiation in host relationships) haben eine erhebliche praktische Bedeutung. Nur nach sorgfältigem Studium der im folgenden geschilderten bisher bekannten Verhältnisse kann man diesen Arten die für Zucht oder Ansiedlung geeigneten Bedingungen schaffen (vgl. auch S. 151 ff.).

Die hyperparasitischen Männchenlarven der Aphelinidae treten in drei verschiedenen Typen auf: 1) als indirekte und ektoparasitische Sekundärparasiten (z. B. *Coccophagus gurneyi* Comp.); 2) als direkte und entoparasitische Sekundärparasiten (z. B. *Coccophagus scutellaris* [Dalm.] und *Prospaltella perniciosi* Tow. [192]); 3) als direkte und ektoparasitische Sekundärparasiten (z. B. *Coccophagus lycimnia* [Walk.]). Bei einer Art ist das Männchen ein primärer Parasit (*Coccophagus ochraeus* How.), aber im Unterschied zum entoparasitischen Weibchen als Ektoparasit (beide an *Saissetia* spp.). Das begattete Weibchen legt also diploide Eier in die Körperhöhle der Schildlaus ab und haploide äußerlich unter den Wirt. Dabei zeigt es zwei völlig verschiedene Körperstellungen (vgl. S. 154).

Bei den meisten dieser Arten mit verschiedener Entwicklung der Geschlechter ist das Verhalten bei der Eiablage unbegatteter und begatteter Weibchen deutlich unterschieden. So befestigt z. B. *Coccophagus lycimnia* als unbegattetes Tier alle Eier an der Außenseite des Körpers fertig entwickelter Hymenopterenlarven, die in Schild- oder Schmierläusen parasitieren; nach der Kopulation verändert sich die Instinkthandlung, und es legt Eier nur in die Blutflüssigkeit von *Coccus*-Arten ab. — Bei manchen Arten mit hyperparasitischen Männchen ist die Eiablage gewöhnlich nicht nach Geschlechtern verschieden. Die Differenzierung kommt dann erst zutage, wenn die Embryonalentwicklung abgeschlossen ist. Bei *Coccophagus gurneyi* erzeugt z. B. das begattete Weibchen beide Geschlechter und legt Männchen- und Weibcheneier an oder in die lebenden Wirte der Weibchen. Bei *Pseudococcus gahani* Green als Wirt ist das Schlüpfen des Männchens aus dem Ei verzögert, bis die Körperflüssigkeit der Schmierlaus von einem anderen Parasiten verbraucht ist. Dann erst greift die männliche Larve die primär parasitische Mitbewohnerin des Wirtes an.

Bei den Arten, die vor und nach der Kopula sich bei der Eiablage verschieden verhalten, erzeugen begattete Weibchen nur Weibchen und unbegattete nur Männchen. Die unterschiedliche Entwicklung der Geschlechter ist schließlich auch von sehr auffälligen morphologischen Differenzierungen der Eier und Larven von Männchen und Weibchen begleitet, auf die hier jedoch nicht näher eingegangen werden kann.

cc) Suchfähigkeit und Spezifität von Entomophagen

Für die biologische Bekämpfung ist es von erheblicher Bedeutung, daß entomophage Arthropoden nur eine Auswahl der vorhandenen potentiellen Wirts- bzw. Beutetiere angreifen, also eine mehr oder weniger stark entwickelte Spezifität besitzen, und daß sie außerdem fähig sind, diese ihre Opfer auch bei geringer Dichte zu finden. Welche Vorgänge für das Suchen und Auswählen von Wirten und Beutetieren grundlegend wichtig sind, sei im folgenden kurz dargestellt (40, 87, 135, 257).

α) Suchaktivität

Räuber und Parasiten (Imagines) verbringen viel Zeit in ihrem Leben mit Suchen. Das Objekt ihrer Suche wird gewöhnlich von dem physiologischen Zustand des suchenden Individuums und von den herrschenden Außenbedingungen bestimmt. Die vom Gesichtspunkt der Arterhaltung aus wichtigsten Objekte solcher Suchaktivität sind andere Arthropoden, an oder in denen die folgende Generation heranwachsen kann. Ob Beutetiere bzw. Wirte gefunden und letztere parasitiert werden, hängt (bei bisexuellen Arten) häufig davon ab, ob sich Männchen und Weibchen vorher gefunden haben und ob die für die Eireifung bzw. weitere Eiproduktion benötigte Nahrung verfügbar ist. Das Suchen des Geschlechtspartners, der Nahrung und der Fortpflanzungsstätte sind also sehr häufig hintereinandergeschaltete Vorgänge, die gewisse Sinnesleistungen und Bewegungsaktivitäten erfordern; hier soll nur von der zuletzt genannten Tätigkeit die Rede sein. Für den Erfolg des suchenden Individuums und der suchenden Population ist es entscheidend, wie wahrscheinlich die Begegnung mit dem gesuchten Objekt wird. Dabei ist es im Prinzip gleichgültig, ob die Entomophagen oder ihre Wirte/Beutetiere aktiv sind; beide Fälle und alle Übergänge kommen vor.

Bei Prädatoren haben Imagines in der Regel eine größere Aktivität und Suchfähigkeit als die Larven. Extrem gering ist sie bei Arten, die nur auf Beute lauern, ohne sie aktiv suchen zu müssen; diese sind dann meist versteckt *(Myrmeleon)* oder der Umgebung gut angepaßt *(Mantis)*. Am häufigsten sind solche Räuber, bei denen die Weibchen vor der Eiablage sehr beweglich sind und die Beutetiere für sich und die folgende Generation gut zu finden vermögen, während die Larven mit kleinem Aktionsradius suchen und das Finden mehr vom Zufall abhängt (z. B. Coccinellidae, Syrphidae; Einzelheiten weiter unten). Je beweglicher die Larvenstadien sind, um so weniger wichtig ist es, die Eier unmittelbar neben der Beute abzulegen (z. B. bei Carabidae mit sehr aktiven Larvenstadien). — Parasitenweibchen sind wohl stets bewegungsaktiver als ihre Wirte. Dabei ist die Art der Eiproduktion mit der Lokomotionsfähigkeit korreliert; reifen alle Eier vor der Ablage heran und werden sie bei einem Anstich gleichzeitig abgelegt, so ist die Bewegungsaktivität meist geringer als bei Arten, die erst während des Suchens der Wirte laufend reife Eier erzeugen. So z. B. legt das Weibchen von *Schizaspidia tenuicornis* Ashm. (Eucharitidae) nach dem Schlüpfen alle (ca. 1000 Eier) auf einmal in eine Maulbeerknospe ohne langes Suchen nach den Ameisenwirten, auf die dann die beweglichen Erstlarven warten (38), während z. B. *Aphycus helvolus* (Comp.), dessen Eier während des Imaginallebens reifen (9 Eier je Tag), weite Suchflüge nach geeigneten Wirten (jungen Schildlauslarven) unternimmt. — Die Suchaktivität ist ein sehr komplexer Vorgang, der z. B. bei *Trichogramma* von Arteigenheiten abhängt und von Ernährung, Temperatur und Wirtspflanze beeinflußt wird (188). Sie kann bei manchen Entomophagen so groß sein, daß es sehr schwierig ist, Wirtszuchten anzulegen, die nicht von einigen ihrer Feinde gefunden werden, und daß die zur Isolierung notwendigen technischen Vorrichtungen komplizierter zu sein pflegen als bei der Isolierung von Bakterien- oder Pilzinfektionen.

β) Suchfähigkeit und Spezifität

Die Aktivität suchender Entomophagen ist nur die motorische Voraussetzung zum Finden der gesuchten Objekte. Unter Suchfähigkeit (searching capacity)

verstehen wir das angeborene Vermögen eines durchschnittlichen Individuums einer entomophagen Art, genug geeignete Wirte/Beutetiere zu finden, um seine und seiner Nachkommen Entwicklung zu sichern (230). Sie bildet mit den besonderen Ansprüchen, die an diese Objekte gestellt werden, der Spezifität (host specificity), eine funktionelle Einheit in dem Sinne, daß die Suchfähigkeit um so größer ist, je spezifischer die Ansprüche bei der Beute-/Wirtswahl sind. Auf den ersten Blick sieht es so aus, als ob unspezifische Entomophagen im Vorteil wären, da sie leichter irgendwelche Opfer finden; polyvoltine Arten wie *Trichogramma embryophagum* Htg. können z. B. im Kiefernwald nur existieren, weil sie fähig sind, in jeder Generation sich in einem anderen Wirt zu entwickeln (134). Trotzdem haben sich jedoch in allen Gruppen der Arthropodenfeinde Spezialisten herausgebildet. Bei manchen Parasiten, wie den Aphelinidae und den Arten der Gattung *Trichogramma*, sind physiologische Merkmale, vor allem die Wirts- oder Biotop-Spezifität, ausgeprägter als morphologische Merkmale und wichtige Hilfen bei der Artbestimmung (90, 185). Die angeborene Spezialisierung verkleinert einerseits die „ökologische Nische", in der die betreffende Art noch zu leben vermag, bringt aber andererseits den Vorteil, daß die Konkurrenz zwischen den Arten abnimmt. Da die Tendenz zur immer größeren Spezifität weit verbreitet ist, scheint dieser Vorteil beachtlich zu sein. Auch in der Praxis der biologischen Bekämpfung hat man bisher mit mehr oder weniger spezifischen Entomophagen mehr Erfolge gehabt als mit unspezifischen (vgl. S. 159). Außer dieser angeborenen Spezialisierung beobachten wir bei polyphagen Schmarotzern und vor allem bei Räubern (z. B. *Formica rufa*) eine im Laufe einer Vegetationsperiode erworbene Einstellung auf gewisse Beutearten, die gerade besonders häufig auftreten.

Wie schon auf S. 115 erwähnt, unterscheiden wir Entomophagen verschiedenen Spezifitäts-Grades. In Erweiterung eines Vorschlages von Pschorn-Walcher (180) seien hierbei außer der Zahl der von den Räubern oder Parasiten akzeptierten Arten auch deren Verwandtschaftsverhältnisse mit berücksichtigt. Monophage Arten sind demnach streng spezifisch an eine Beute-/Wirtsart gebunden; oligophage Entomophagen nehmen Arten aus einer Gattung (Oligophagie ersten Grades) oder einer Familie (Oligophagie zweiten Grades) an; pleophage Arthropodenfeinde vergreifen sich an Arten verschiedener verwandter Familien, während polyphage Arten Vertreter verschiedener Ordnungen angreifen können. Da der angeführten Terminologie das potentielle, nicht das effektive Beute-/Wirtsspektrum zugrunde liegt, dürfen Aussagen über den Grad der Spezifität nur nach sehr eingehenden Versuchen gemacht werden.

Von den Faktoren, die das potentielle Beute/Wirtsspektrum einengen, das selbst wiederum von dem angeborenen Schema für das gesuchte Objekt und von dessen physiologischer Eignung als Nahrung oder Wirt abhängt, spielt die räumliche und zeitliche Koinzidenz die entscheidende Rolle (247). Wenn suchende Entomophagen nicht allen ihren potentiellen Opfern begegnen (und das dürfte in der Natur gewöhnlich der Fall sein), gibt die an bestimmtem Ort und zu bestimmter Zeit getroffene Auswahl einen kleinen Ausschnitt aus dem potentiellen Vermögen der Suchenden wieder. Diese Auswahl wird „in erster Instanz" eingeschränkt, wenn die räumliche Ausbreitung (Dispersion) und das zeitliche Auftreten (Apparenz) beider Partner nicht voll übereinstimmen. Da die Koinzidenz weitgehend von historischen Faktoren (Ausbreitungsgeschichte) und von kosmischen Ein-

flüssen (vor allem der Witterung) gesteuert wird, entzieht sich das Ergebnis wie das aller derartig komplex bedingter Prozesse der mathematischen Behandlung (271). Trotzdem ist es dem Experiment zugänglich. Eine koinzidenzbedingte Begrenztheit des effektiven Beute-/Wirtskreises ließ sich bei sehr vielen Entomophagen zeigen, die nach ihren Verfrachtungen in andere Lebensräume plötzlich Arten angriffen und sich in ihnen entwickelten, die sie vorher nie getroffen hatten; ihre früher scheinbar vorhandene Spezifität war dann verschwunden.

So ließ sich z. B. die Tachine *Ptychomyia remota* Ald. von Arten der Gattung *Artona*, die sie in Malaya angriff, auf einen bis dahin parasitenfreien anderen Wirt (*Levuana iridescens* B. B. [Lep., Zygaenidae]) umstellen, als man sie auf die Fidschi-Inseln einführte, zur Bekämpfung der an Kokospalmen sehr schädlichen Raupe; der neue Wirt wurde so stark parasitiert, daß er bald praktisch keine Rolle mehr spielte (267). Die Spezialisierung der beiden Generationen von *Anicetus beneficus* Ishii et Yas. (Encyrtidae) auf Junglarven bzw. Imagines ihrer Wirte, der Schildlaus *Ceroplastis rubens* Mask., ist nur koinzidenzbedingt (171). — Der umgekehrte Fall einer Erweiterung des Beute-/Wirtsspektrums liegt vor, wenn ein neu eingeschleppter Schädling von bereits vorhandenen Entomophagen akzeptiert wird (z. B. die zahlreichen Feinde von *Hyphantria cunea* [Drury] und von *Leptinotarsa decemlineata* [Say], die diese aus Amerika eingeschleppten Schädlinge in Europa angreifen). Die koinzidenzbedingte Begrenztheit des effektiven Beute/Wirtskreises nutzt man auch aus, um aus fremden Faunenbereichen neue Entomophagen zu beschaffen (104): man setzt dort in der neuen Umgebung Schädlinge den Angriffen von Feindinsekten aus, die sonst wegen der geographischen Isolierung diesen Wirten nie begegnet wären, und bringt die angelockten Entomophagen später in das Heimatland des Schädlings (vgl. S. 183).

Nur wenn Arthropoden und ihre Gegenspieler wirklich am gleichen Ort und zur gleichen Zeit vorkommen, können die anderen Vorgänge ablaufen, die insgesamt zu einer Spezifität der Feindarten führen. Diese vorwiegend ökologisch und ethologisch bedingten Handlungsabläufe seien hier in der Folge besprochen, in der sie — die Auswahl immer mehr einschränkend — in der Natur hintereinander auftreten: a) Das Finden des Wirts(Beute)habitats (host habitat finding); b) das Finden und Erkennen des Wirtes (der Beute) (host finding); c) die Wirts(Beute)annahme (host acceptance); d) die Eignung des Wirtes (der Beute) für die Fortpflanzung (host suitability) (201). Viele Beispiele stammen von parasitischen Hymenopteren, da über diese die meisten Erfahrungen vorliegen.

αα) Das Finden des Beute-/Wirts-Habitats

Entomophage Arthropoden suchen fast nie die gesamte ihnen erreichbare Umgebung gleichmäßig ab, sondern bevorzugen einen bestimmten Ausschnitt aus dem ihnen an sich zugänglichen Biotop. Dieser Vorgang schließt die größte Zahl von Arten von der potentiellen Beute-/Wirtsliste aus. Ganz allgemein suchen legebereite Weibchen nicht unmittelbar einen bestimmten Wirt, sondern erst eine bestimmte Situation, unabhängig davon, ob dort Wirte vorkommen oder nicht. Parasiten von holzbewohnenden Insekten müssen also erst einen Stamm der betreffenden Baumart finden, Schlupfwespen von Wasserinsekten erst ins Wasser gehen usw. Einige Parasiten legen bereits in dieser Vorstufe der Wirtsfindung, d. h. in dem Wirtshabitat, ihre Eier ab, ohne die Wirte selbst zu suchen; hierzu gehören z. B. gewisse Tachinen, die ihre zahlreichen Eier einfach auf die Fraßpflanze der Wirtsinsekten ablegen, die dann die Eier mit der Nahrung aufnehmen, oder die spezialisierte Familie der Eucharitidae (Chalcidoidea), die ihre Eier oft in Knospen von Pflanzen deponieren und es den Larven überlassen, sich an die vorüberkommenden Wirtstiere (Ameisen)

anzuheften (vgl. S. 125) (40). Auch das Beispiel von *Perilampus* gehört hierher (s. S. 123).

Auf bestimmte Teile des Gesamtbiotops sind z. B. die verschiedenen Arten der Eiparasiten-Gattung *Trichogramma* eingestellt, und zwar *T. embryophagum* Htg. auf Wälder, *T. cacoeciae* March. und *T. pallida* Meyer auf Obstgärten, *T. evanescens* Westw. auf Felder und *T. semblidis* (Aur.) auf sumpfiges Gelände (75, 185, 246). — Die zur Bekämpfung der eingeschleppten Tannenlaus (*Dreyfusia piceae* [Ratz.]) nach Nordamerika eingeführten Prädatoren aus den Familien der Coccinellidae, Derodontidae und Chamaemyiidae sind dort deswegen nicht voll wirksam, weil sie vorwiegend an den Stämmen suchen und nicht auch die Zweige belaufen; dort sitzen aber gerade an den Balsamtannen Läuse und schädigen den Baum mehr als die Stammsauger (6). — Wenn Entomophage und Wirt verschiedene Biotope bevorzugen, kann man sich „Ersatzwirte" für die Zucht von Parasiten aus anderen Lebensräumen beschaffen. So züchtet man den Parasiten des Erdbeerwicklers, die Braconide *Macrocentrus ancylivorus* Roh., im Laboratorium viel besser an der Raupe eines Vorratsschädlings, und zwar der Kartoffelmotte, *Gnorimoschema operculella* (Zell.) (vgl. S. 221). — Beim Finden des vom Wirt oder von der Beute bewohnten Standortes hat sich ferner oft eine instinktmäßige Bindung des legebereiten Weibchens an eine bestimmte Pflanze oder einen anderen kennzeichnenden Wohnbezirk der gesuchten Art ausgebildet. Die räuberische, aus Australien nach Hawaii eingeführte Miride *Cyrtorhinus mundulus* (Bredd.), ein wirksamer Feind der Zikade *Perkinsiella saccharicida* Kirk., fliegt z. B. nur Zuckerrohr an, auch wenn der daneben angepflanzte Mais von einer anderen Zikade (*Peregrinus maidis* Ashm.) befallen ist, die, wie Versuche gezeigt haben, sich ebenso gut als Beute eignet (242). — Ebenfalls in Hawaii ist die Tachine *Microceromasia sphenophori* Vill. ein wirksamer Parasit des Käfers *Rhabdoscelus obscurus* (Boisd.), jedoch nur, wenn dieser in Zuckerrohr miniert, nicht in Palmenarten. In Neu-Guinea attackiert sie den gleichen Wirt, jedoch auf beiden Pflanzenarten (176). Die Bevorzugung, wenn auch nicht ausschließliche Annahme mancher Wirte an bestimmten Fraßpflanzen wurde schon mehrfach bei oligophagen und polyphagen Parasiten beobachtet. Bei verschiedenen *Trichogramma*-Arten ließ sich dies mit neuartiger Methode quantitativ bestimmen (189). Die aus Europa nach Kanada eingeführte Tachine *Drino bohemica* Mesn. bevorzugt je nach Wirtspflanze verschiedene Blattwespen-Larven; die Wahl wird dabei, wie Versuche mit dem Olfaktometer ergaben, stark von dem Geruch der Wirtspflanze beeinflußt (152). Der Zustand des Ovariums kann bei Schlupfwespen darüber entscheiden, von welchem Teil des Biotops sie angelockt werden. So wirkt z. B. für *Pimpla ruficollis* Grav. (Ichneumonidae), einen Schmarotzer des Kieferntriebwicklers, der Geruch der Kiefer in den ersten Lebenswochen abschreckend. Wenn nach etwa einem Monat die Ovarien voll entwickelt sind, lockt sie der gleiche Geruch an und führt sie damit in die Nähe von Wirtslarven im richtigen Entwicklungszustand (263). Wie sehr die Gewöhnung an eine bestimmte Fraßpflanze auf die Wirtsspezifität einwirken kann, zeigt z. B. eine Beobachtung an *Apechthis rufata* Gmel. Diese aus mehreren Wicklern, auch dem Tannentriebwickler *Choristoneura murinana*, mehrfach gezogene Ichneumonide mied in einem gemischten Befallsgebiet von *C. murinana* und *Tortrix viridana* L. die erstere Art ganz, obwohl sie viel häufiger war, und hielt sich nur an den Eichenwickler; erst als Puppen von *C. murinana* in künstlich gedrehten Eichenblattrollen angeboten wurden, nahm sie diese an (292). Die Gewöhnung an Eiche als Wirtshabitat hatte also aus einer polyphagen Art einen Spezialisten gemacht. — Eine solche Bindung an bestimmte Habitate kann, wenn damit Selektionsvorteile verbunden sind, zu einer Isolierung der betreffenden Population und genetisch fixierten Absonderung führen (261).

Statt auf eine bestimmte Fraßpflanze sind wieder andere Parasiten auf bestimmte „Lebensformen" der Wirte spezialisiert (180). So schmarotzen z. B. von der Lamprotatinen-Gattung *Epilampsis* (Pteromalidae) 5 Arten bei minierenden Lepidopteren *(Lithocolletis, Tischeria)*, eine Art hingegen bei einer minierenden Diptere *(Phytomyza)* und eine weitere Art bei einer minierenden Blattwespe *(Phyllotoma)* (54). Wenn wir die Wirte vom Verwandtschaftsgrad her beurteilen, führt diese Form der Spezialisierung also zugleich zu einer Wirtskreiserweiterung. Dies prägt sich geradezu extrem dort aus, wo eine Parasitengruppe nur Wirte befällt, die durch eine Nahrungskette unmittelbar miteinander in Be-

ziehung stehen. Ein Beispiel hierfür sind die Parasiten und Prädatoren, die sich als Vertilgerkomplex um Blattläuse (Aphidae) scharen. Einige Schlupfwespenarten *(Pachyneuron, Asaphes, Lygocerus)* sind hier zugleich Hyperparasiten über primär schmarotzende Aphelinidae und Aphidiidae und zugleich Primärparasiten an Räubern (Syrphidae, Cecidomyiidae, Coccinellidae u. a.), die von der gleichen Schlüsselgruppe, den Blattläusen, leben (Einzelheiten vgl. 180). Die Wirtskreiserweiterung ist hier also zugleich eine Spezialisierung auf den biozönotischen Komplex.

ββ) Das Finden und Erkennen der Beute/Wirte

beruht außer bei lauernden Prädatoren auf Suchbewegungen, die zum Kontakt mit dem gesuchten Objekt führen. Hierbei sind Sinnesleistungen wichtig, vor allem die Perzeption chemischer oder optischer Reize.

Bei vielen Räubern suchen die Larven ungerichtet nach der Beute. Coccinelliden-Larven *(Adalia, Coccinella, Propylea)* laufen z. B. oft an Blatträndern entlang und nehmen dabei Blattläuse erst wahr, wenn sie diese berühren; die Suchgänge sind bei ihnen, bevor sie ihre Beute gefunden haben, gestreckter als danach (14). Die genaue Analyse der Suchgänge von Larven dreier Prädatoren der Citrus-Milbe *(Paratetranychus citri* [McGregor]) zeigte, daß diese sehr verschieden gründlich suchten; diese Prädatoren, die Coccinellide *Stethorus picipes* Casey und die Chrysopiden *Conwentzia hageni* Banks und *Chrysopa plorabunda* Fitch, bemerkten alle erst die Beute, wenn sie auf diese stießen. Der Erfolg hängt bei solchen Zufallsbewegungen u. a. von der Laufgeschwindigkeit ab und davon, wieweit Geo- und Phototaxis bei Beute und Räuber übereinstimmen (98). Ganz anders verhalten sich z. B. jagende Raubkäfer der Gattung *Cicindela,* die schon auf erhebliche Entfernung erst auf die Bewegung eines Objektes ansprechen und dann Größe und Form untersuchen (243). Um die Bewegungsaktivität suchender Entomophagen zu messen, verwendet man neuerdings mit radioaktiver Substanz markierte Individuen (14, 159). Wenn Raubinsekten stark mit Wachswolle besetzte Lauskolonien von *Dreyfusia*-Arten gegenüber weniger wolligen bevorzugen, spielt dabei auch die dort gebotene mehr oder weniger gute Deckung mit (100).

Auch viele Parasiten bevorzugen bestimmte enge Zonen an der Wirtspflanze. So sucht *Comperiella bifasciata* How. (Encyrtidae) ihren Wirt, die Schildlaus *Aonidiella citrina* (Coq.), viel erfolgreicher an der Unter- als an der Oberseite von Citrusblättern (93). — Die Sinnesorgane zur Aufnahme chemischer Reize liegen in den Fühlern, den Tarsen oder in beiden Körperteilen. Parasiten aasbewohnender Fliegenlarven richten sich oft nach dem Geruch. *Nasonia vitripennis* (Walk.) (syn. *Mormoniella v.*) (Pteromalidae) vermeidet bei der Wirtssuche feuchte Örtlichkeiten und reagiert mit intensiven Suchgängen nur dort, wohin der Geruch von Aas gelangt (289). *Macrocentrus ancylivorus* Roh., der Parasit des Pfirsichwicklers (*Grapholitha molesta* [Busck]), wird von dem Geruch der Wirtsexkremente angelockt. *Trichogramma* sucht ebenfalls nach Duftspuren ihrer Wirte, die sie in das „Wirtefeld" führen. Auf 2—3 mm erkennt sie dann die Wirtseier oder ähnliche Objekte auch optisch (135, 136). — Die Form der Suchgänge hängt stark ab von dem Medium, auf dem der Wirt lebt, und davon, wie oft der Parasit mit einem Wirt Kontakt aufnimmt. Hierbei spielt natürlich auch die Populationsdichte des Wirtes eine große Rolle.

Zweifellos nutzen viele Schmarotzer von dem gesamten Lebensraum, der ihnen an sich zugänglich wäre, durch Reagieren auf angeborene auslösende Schemata sehr wenig aus und beschränken ihre dann allerdings häufig ungerichteten Suchgänge auf kleinste Mikrohabitate. Da außerdem nach dem Finden eines Wirtes die Suchgänge anders aussehen als vorher, und zwar meist mehr gewunden weitergehen, erscheint es wenig berechtigt, generell von einer Zufallsverteilung suchender Parasiten (random searching) zu sprechen (vgl. S. 25).

γγ) Die Annahme der Beute/Wirte

Über die Annahme der Beute/Wirte entscheidet der Entomophage je nach deren mechanischen und chemischen Qualitäten, wenn der Kontakt hergestellt ist. Die Annahme oder Ablehnung hat jedoch nichts damit zu tun, ob das unter-

suchte Objekt für die weitere Entwicklung geeignet ist. Diese Frage ist praktisch sehr wichtig, wenn es sich darum handelt, „Ersatzwirte" für die Massenzucht von Schlupfwespen zu finden (vgl. S. 215).

Vor allem bei Parasiten sind Fehlleistungen bei der Wirtsannahme bekannt. So sind z. B. die Raupen von *Ephestia kuehniella* (Zell.) nach dem Ergebnis von Übertragungsversuchen durchaus für die Entwicklung der entoparasitischen Ichneumoniden *Cryptus sexannulatus* Grav., *Ephialtes caudatus* Ratz. und *Aenoplex carpocapsae* Cush. geeignet, werden aber vom Weibchen abgelehnt (220). Andererseits akzeptieren viele Schmarotzer völlig ungeeignete Wirte, wie später noch gezeigt wird. Besonders genaue Untersuchungen liegen über das Verhalten bei der Prüfung des Wirtes durch *Trichogramma* vor. Objekte, denen sich dieser Eiparasit zuwenden soll, müssen sich von der Oberfläche deutlich abheben, dürfen keinen abschreckenden chemischen Reiz abgeben (s. unten), sich nicht auf der Unterlage bewegen, nicht naß oder klebrig sein; Volumen und Formunterschiede von Ei zu Ei müssen in gewisser Weise begrenzt sein (198). Das angeborene Wirts-Schema ist hier so weit, daß z. B. Quecksilberkugeln oder Sandkörner wie Wirtseier behandelt werden. Die Handlungsfolge bricht nach einiger Zeit vergeblicher Bemühungen, den Legebohrer einzuführen, ab (unvollständiger Parasitismus). Auch nach dem Anstich wird der Legebohrer häufig zurückgezogen, wenn sich das Ei als innerlich ungeeignet erweist (z. B. Eier von *Dysdercus fasciatus* Sign.) (186, 200).

Sehr sorgfältig ist die Frage studiert worden, ob Parasiten die von ihrer Art belegten Wirte von unbelegten unterscheiden und bei der Eiablage meiden können. Versuche und Freilandbeobachtungen haben bei vielen Arten gezeigt, daß sie dazu fähig sind. Solche Befunde liegen z. B. vor für *Dacnusa areolaris* Nees (Braconidae) (119), *Collyria calcitrator* Grav. (Ichneumonidae) (196), *Cryptus inornatus* Pratt (Ichneumonidae) (270), *Mastrus carpocapsae* Cushm. (Ichneumonidae) (140), *Trichogramma evanescens* Westw. (200), *Blastothrix sericea* (Dalm.) (Encyrtidae) (110), *Ooencyrtus kuvanai* (How.) (Encyrtidae) (139), *Spalangia drosophilae* Ashm. (Pteromalidae) (225) u. a. Die bereits belegten Wirte werden aber nur selten vollständig gemieden. Der innere Widerstand (restraint) gegen die Überbelegung bricht vor allem dann zusammen, wenn das Verhältnis

$$\frac{\text{Zahl Parasiten } ♀♀ \times \text{Expositionszeit}}{\text{Wirtszahl}}$$

zu ungünstig wird. Woran parasitierte Wirte erkannt werden, ist recht verschieden. *Trichogramma* hinterläßt z. B. abschreckend wirkende Stoffe, wenn sie Wirtseier beläuft; wäscht man diese ab, so wird das Ei wieder angenommen. War es vorher schon parasitiert, bemerkt es das Weibchen erst beim Anstechen, wohl mit Hilfe des Legestachels (200). — *Mastrus carpocapsae* orientiert sich offenbar nach Lautäußerungen der Wirtsraupen (140) und auch für *Spalangia* dürfte der Herzschlag des Wirtes zum Erkennen lebender, nicht parasitierter Individuen wichtig sein (224). Andererseits gibt es auch Beobachtungen, die zeigen, daß bereits parasitierte Eier nicht erkannt bzw. gemieden werden. Manche Arten legen z. B. ihre Eier so schnell ab, daß zur Prüfung des Wirtes nicht genug Zeit bleibt (z. B. *Apanteles melanoscelus* [Ratz.], bei dem die Eiablage nur 1 sec. dauert [197]). Wieder andere Arten sind offenbar auch dann nicht fähig, geeignete von ungeeigneten Wirten zu unterscheiden, wenn sie Zeit haben; so sticht *Nasonia vitripennis* im Versuch wahllos lebende, tote und leere Puparien von Fliegen an, was jeweils viel Zeit beansprucht (289). Allerdings meidet auch diese Art Wirte, die vom Darüberlaufen anderer Weibchen noch Duftspuren tragen (50). Ähnliche geringe Unterscheidungsfähigkeit wird von *Rogas unicolor* (Wesm.) (Braconidae) gegenüber arteigener, von *Diachasma tryoni* (Cam.) und von *Opius humilis* Silv. gegenüber artfremder Parasitierung berichtet (59, 177). — Ergebnisse von Laboratoriumsversuchen lassen sich nicht ohne weiteres ins Freiland übertragen. *Leptomastix dactylopii* How. (Encyrtidae) lebt z. B. in der Natur als monophager Parasit an *Pseudococcus citri* (Risso); im Experiment belegt sie jedoch auch andere Schmierläuse (141).

Eine Reihe der oben genannten Beispiele sind Freilandbeobachtungen, die dafür sprechen, daß Superparasitismus (den wir hier allein betrachten wollen) s e l t e -

n e r ist, als er sein würde, wenn Parasitenweibchen ihre Eier zufällig (ohne Rücksicht auf schon vorhandene Parasiten) verteilten. Andere Freilandbefunde bezeugen jedoch das Gegenteil. Offenbar gibt es Situationen, die das eine oder das andere erzwingen bzw. vorteilhaft erscheinen lassen (287). Sind relativ viele Wirte im Verhältnis zu Parasiten vorhanden und erreichbar, haben Individuen, die Überbelegung vermeiden, einen Selektionsvorteil. Nun sind die Wirte vieler Parasiten nicht alle erreichbar, leben z. B. versteckt und sind dadurch unterschiedlich stark der Parasitierung ausgesetzt. Hieraus kann ein Mangel an Wirten entstehen, der den Superparasitismus e r h ö h t. Beide Wirkungen können sich vielleicht manchmal gegenseitig aufheben. Kommt gregärer Parasitismus mit Mehrfachbelegung zugleich vor, so wachsen (z. B. bei *Apanteles glomeratus*) auch viel mehr Larven heran, als mit einem Anstich Eier abgelegt werden, da sich die Larven im Wirt vertragen (287). Wir können das definitionsmäßig nicht Superparasitismus nennen, da kein Nachteil für die Nachkommen damit verbunden ist (vgl. S. 116). Im Gegenteil ist es für eine Parasitenart vorteilhaft, wenn sie bei Seltenheit der Wirte die wenigen, die sie findet, mit ungewöhnlich viel Eiern belegen kann, ohne daß dadurch Ausfälle entstehen. Bei solchen Arten ist daher nicht zu erwarten, daß sie belegte Wirte erkennen oder meiden. Abweichung von der Zufallsverteilung der Nachkommen nach der negativen und positiven Seite sind daher das in der Natur Verbreitetste. Aus diesem Grund sind Theorien, die als eine Voraussetzung eine solche Zufallsverteilung postulieren, wenig überzeugend (vgl. S. 25).

Bei Prädatoren ist die Verhaltensweise, die zur Annahme oder Ablehnung von Beutetieren führt, nicht so genau untersucht worden wie bei Parasiten. Thompson (255) diskutiert diese Frage ausführlich, auf Grund folgender Beobachtung: zahlreiche Coccinelliden-Arten, die man zur biologischen Bekämpfung von Schildläusen (z. B. *Lepidosaphes newstaedi* [Sulc]) an der Bermuda-Zeder auf diese Insel gebracht hatte, konnten eingebeutelt gut von diesen Cocciden leben, verschwanden jedoch nach der Freisetzung wieder bis auf eine Art (*Lindorus lophanthae* Blaisd.). Ob hier tatsächlich die Beute abgelehnt wurde oder ob nicht Eidechsen (*Anolis* spec.) die meisten Coccinelliden gefressen hatten, bevor sie sich endgültig ansiedeln konnten, ist nach den letzten Beobachtungen zweifelhaft (226). Da auch bei Mischbefall von Beuteinsekten gewisse Prädatoren stets bei bestimmten Insekten auftreten, darf man es jedoch als gesichert betrachten, daß diese nicht immer so polyphag sind, wie man früher annahm (Beispiel: Bei Mischbefall von 2 Chermesiden mit sehr ähnlichen Wachswollausscheidungen, *Pineus strobi* [Htg.] an Weymouthskiefer und *Dreyfusia piceae* [Ratz.] an Tanne, findet sich an der ersten Art von Vertretern der Gattung *Pullus* stets nur *P. suturalis* Thunb., bei der zweiten *P. impexus* Muls. [102]). Nur derartige Wahlversuche in freier Natur sind beweisend, nicht aber Käfigversuche, von denen lediglich solche mit negativem Ausgang, wenn also die Nahrung verweigert wird, auch im Freiland bestätigt werden können (182). Eine Reihe recht spezifischer (oligophager) Prädatoren ist bekannt, z. B. zwei Coccinelliden: *Rodolia cardinalis* (Muls.), der wirksame Feind der Orangenschildlaus *Icerya purchasi* Mask. in vielen Teilen der Welt (Abb. 35), und *Cryptognatha nodiceps* Mshll., die mit durchschlagendem Erfolg zur Bekämpfung der Kokospalmenschildlaus *Aspidiotus destructor* Sign. auf den Fidschi-Inseln eingeführt wurde (244). Wie groß der Prädatoren-Kreis ist, zeigen besonders deutlich Markierungen der Beutetiere mit radioaktiven Verbindungen, z. B. bei Aphiden (2) und bei Mückenlarven (9). Auch bei Raubmilben wurde wiederholt beobachtet, daß sie bestimmte phytophage Milben sehr bevorzugen (55, 129), wenn sie auch — wie alle Prädatoren — nie so völlig von einer Nahrungsquelle abhängen, wie Schmarotzer manchmal von einem Wirt. Wie bei den Parasiten entscheidet hierbei meist das eierlegende Weibchen über die Nahrung der Larve; über die Mechanismen der Annahme oder Ablehnung eines Beuteinsektes sind wir aber noch ungenügend unterrichtet.

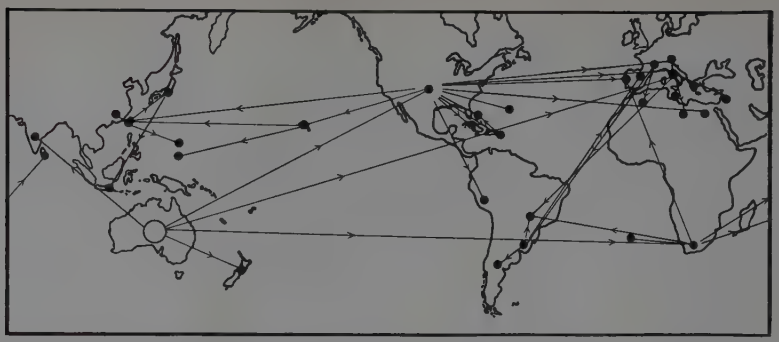


Abb. 35: Internationaler Austausch der aus Australien stammenden Coccinellide *Rodolia cardinalis* (Muls.), die zur Bekämpfung der Citrus-Schmierlaus *Icerya purchasi* Mask. 1888 in Kalifornien und seitdem in über 50 Ländern eingeführt worden ist. (Nach CLAUSEN, 1936 [66])

δδ) Die Beute-/Wirts-Eignung

Unter Beute-/Wirts-Eignung verstehen wir die Tatsache, daß sich in oder an dieser Nahrung fruchtbare Nachkommen entwickeln können (201). Dabei ist diese Eignung der Wirte durchaus relativ; manche Arthropoden sind besonders günstig für die Entwicklung einer Entomophagenart, für eine andere weniger. Der Grad ihrer Eignung hängt nicht unbedingt mit ihrer taxonomischen Verwandtschaft zusammen; nahe verwandte Wirte können sich sehr verschieden gut für denselben Parasiten eignen, und ganz nahe verwandte Parasiten sehr unterschiedlich für denselben Wirt.

Die Eignung des Wirtes beruht auf seinem Verhalten und seinen mechanischen oder chemischen Eigenschaften. Lebhafte Wirte streifen Eier oder Larven von Ektoparasiten ab. Manchmal unterscheiden sich sogar die beiden Geschlechter einer Parasitenart in ihren Ansprüchen an den Wirt. So ist z. B. die Körperflüssigkeit der Schildlaus *Saissetia oleae* geeignet für das Weibchen von *Coccophagus capensis* Comp. (Aphelinidae), nicht für das Männchen; andererseits können sich nur männliche Larven der Art in anderen Hymenopteren entwickeln. Daß es sich dabei um eine unterschiedliche Wertigkeit der Larvennahrung handelt, dürfte daraus hervorgehen, daß die weibliche Erstlarve in eine trophische Membran (Trophamnion) eingeschlossen ist, nicht aber die männliche (76). Auch der Einfluß der Fraßpflanze auf die Eignung phytophager Wirte zeigt, wie sich die Qualität des Wirtes als Nahrung für den Parasiten ändern kann. Frißt z. B. die Sphingiden-Raupe *Protoparce sexta* (Johan.) an Tomate, ist sie für die Larvenentwicklung von *Apanteles congregatus* (Say) (Braconidae) geeignet, nicht aber, wenn sie bestimmte Tabaksorten verzehrt.

Ein Wirt braucht nicht deswegen geeignet zu sein, weil er von den Parasiten belegt wird (18). Das angeborene Schema für Wirtslarven ist z. B. bei der europäischen Tachine *Meigenia mutabilis* Fall. so weit, daß sie offenbar ziemlich häufig Larven des Kartoffelkäfers *(Leptinotarsa decemlineata)* mit Eiern belegt, obwohl die Larven sich in dem Wirt nicht entwickeln können (106). Weitere Beispiele und die Abwehr von Parasitenlarven durch den Wirt werden im folgenden Abschnitt besprochen. Erwähnt sei hier nur, daß unter Umständen auch das Belegen ungeeigneter Wirte für den Parasiten zweckmäßig sein kann; so vermeidet z. B. *Leptomastix dactylopii* bei Mangel an geeigneten Wirten *(Pseudococcus citri)* eine Unterbrechung der Eireifungs-Periodik, indem sie zwischendurch auch ungeeignete Schmierlausarten belegt (141).

Zusammenfassend läßt sich über die Spezifität der Entomophagen folgendes sagen: Ganz offenbar beruht die Begrenzung der Zahl angegriffener Wirtsarten bei Schlupfwespen weitgehend auf dem Finden des Wirtshabitats und des Wirtes; Wirtsannahme und Wirtseignung sind mehr von sekundärer Bedeutung. Im ganzen gesehen, sind sie wirtsspezifischer als parasitische Dipteren, bei denen die Ablage von Eiern oder Nachkommen in die Nähe von Wirten verbreiteter ist. — Bei Parasiten und bei Prädatoren wählt fast stets das Weibchen den Wirt bzw. die Beute für seine Nachkommen aus. Räuber leben dabei im allgemeinen als Imagines von denselben Beutearten wie als Larven (außer Dipteren) und sind (mit Ausnahmen) im ganzen etwas weniger eng an nur eine Beuteart gebunden, also weniger spezifisch als Parasiten.

Je größer der Einfluß ökologischer Faktoren auf die Spezifität einer Art, desto geringer ist nach Flanders gewöhnlich ihre Fruchtbarkeit. Dabei ist diese angeborene Vermehrungskraft und die Größe des abgesuchten Gebietes umgekehrt proportional der Kompliziertheit ökologischer und physiologischer Vorgänge, die zu einer hohen Spezifität führen. Die angeborenen auslösenden Mechanismen, die Entomophagen zum Objekt ihrer Suche führen, sind weniger komplex für das Erkennen der Wirtseignung und weit komplexer für das Finden des Wirtshabitats.

Die Entwicklung zur größeren Spezifität ist, wie gesagt, in vielen Gruppen der Entomophagen zu beobachten. Genannt sei als neuere Übersicht, die allerdings (wie alle Wirts- und Beutelisten) mit Vorsicht zu benutzen und nicht ohne weiteres auf andere Verhältnisse zu übertragen ist, der noch unvollendete Parasiten-Prädatoren-Katalog von W. R. Thompson (254). Da es in der Natur meist nicht auf die Leistung einer einzigen Entomophagen-Art ankommt, sondern auf den Vertilgerkomplex in seiner Bindung an Biozönose und Biotop, seien einige dieser Umweltbeziehungen im folgenden gesondert behandelt.

dd) Einfluß von Umweltfaktoren auf Entomophagen

Bei dem Versuch, Arthropoden zur Regulierung des Massenwechsels anderer Gliedertiere zu verwenden, darf man nie übersehen, wie sehr Angreifer und Angegriffene von Umweltfaktoren beeinflußt werden. Bei den wirksamen Arten, die uns für die biologische Bekämpfung vor allem interessieren, ist der Wirt bzw. das Beutetier der dominierende Umweltfaktor im Bereich der ökologischen Zonen, die sich überhaupt dafür eignen, von ihnen besiedelt zu werden. Die Imagines der Parasiten hängen zudem sehr oft außer vom Wirt auch von zusätzlicher Nahrung ab. Alle Entomophagen unterliegen schließlich dem Einfluß der Witterungsfaktoren. Die Außenfaktoren, welche die Gradationen der Entomophagen steuern, sind daher nicht identisch mit den Einflüssen, die Übervermehrungen der Wirte/Beutetiere lenken (für Schlupfwespen vgl. 113). Wir beschränken uns bei der gedrängten Übersicht in diesem Abschnitt darauf, aus dem Geflecht des Beziehungsgefüges biotischer und abiotischer Faktoren, in das jede Entomophagen-Population eingespannt ist, die Einflüsse von Wirt, Nahrung (Beute) und Witterung anzudeuten. Wenn diese drei Faktorengruppen auch besonders wichtig sind, entsteht durch eine solche analytische Betrachtung leicht der falsche Eindruck, als ob sie isoliert wirksam würden. Zur Korrektur dieser Vorstellung sei daher nochmals auf Kap. 2c und besonders auf Abb. 2 zurückverwiesen.

α) Der Einfluß des Wirtes

αα) Das Wirt-Parasit-Verhältnis

Die Beziehungen zwischen Parasit und Wirt lassen sich von zwei Seiten betrachten: Vom Parasiten her gesehen äußert sich die Bindung an den passiven Partner, den Wirt, in einer mehr oder weniger hohen Spezifität. Vom Wirt her gesehen nennen wir die gleiche Beziehung eine mehr oder weniger große Empfänglichkeit (susceptibility) gegenüber der Parasitierung. Beide Seiten dieser Wechselbeziehung berücksichtigt der Ausdruck „Wirt-Parasit-Verhältnis" (host-parasite relation). Nach Flanders (79) wird es vor allem durch folgende vier Faktoren bestimmt: 1. Das Ausmaß, in welchem der Parasit das Wirtshabitat besucht; 2. Der Anteil der dem Angriff ausgesetzten Wirte an der Gesamtbevölkerung; 3. Die Stärke, mit der die Wirte eine Eiablage des Parasiten auslösen; 4. Der Anteil der parasitierten Wirte, die dem Schmarotzer die vollständige Entwicklung ermöglichen. Dieses Wirt-Parasit-Verhältnis sei unter dem qualitativen Begriff „Parasitismus" verstanden, der unter optimalen Außenbedingungen einen mehr oder weniger ausbalancierten Zustand zwischen den beiden Partnern kennzeichnet. „Parasitierung" bedeutet dagegen den am Wirt quantitativ nachmeßbaren Wirkungsgrad.

Adäquat oder vollständig nennen wir den Parasitismus, wenn die Verhaltensweisen und physiologischen Vorgänge, die ihn herbeiführen, völlig zueinander passen. Das Gegenteil davon ist die vollständige Unangreifbarkeit des Wirtes durch einen Parasiten. Sie kann darauf beruhen, daß der Schmarotzer den Wirt nicht findet, nicht annimmt oder sich in ihm nicht entwickelt. Dazwischen liegen all die Fälle eines unvollständigen Parasitismus; seine Ursachen zu kennen, macht es manchmal möglich, den Parasitismus in unserem Sinne zu beeinflussen. Nach Flanders (91), ergänzt durch Quednau (184), unterscheiden wir dabei I) den gelegentlichen, II) den ökologisch, III) den mechanisch, IV) den chemisch und V) den physiologisch unvollständigen Parasitismus. In diesem sicher noch ausbaufähigen Schema, das an Schildlaus-Zehrwespen und an *Trichogramma* entwickelt wurde, ist das mehr oder weniger unvollkommene Zueinanderpassen von Wirt und Parasit meßbar, und zwar an der Zahl fruchtbarer Nachkommen, die ein Parasit in verschiedenen Wirten erzeugt.

(I) Gelegentlicher Parasitismus kommt bei Wirten vor, die gewöhnlich den betreffenden Parasiten nicht zur Eiablage stimulieren. Bei der Citrus-Schildlaus *Aonidiella aurantii* (Mask.) besteht z. B. eine solche Beziehung zu *Casca smithi* Comp. und zu *Prospaltella* sp. „P" (Aphelinidae) (91).

(II) Bei ökologisch unvollständigem Parasitismus ist der Wirt an sich voll geeignet und stimuliert den Parasiten stark; trotzdem entsteht aber kein vollständiger Parasitismus, da manche Wirtstiere an Örtlichkeiten leben oder zu Zeiten auftreten, in denen sie für den Schmarotzer nicht erreichbar oder nicht geeignet sind.

Coccophagus lycimnia Walk. (Aphelinidae) kommt in Kalifornien vielerorts als Parasit von *Coccus hesperidum* L. vor; an *Saissetia oleae* schmarotzt er jedoch nur an einer besonderen Pflanze *(Baccharis pilularis)* an der Küste südlich von Santa Cruz. Auch im Laboratorium nimmt er *S. oleae* nicht an. Andererseits ist häufig das Wirt-Parasit-Verhältnis, das im Zuchtraum gut funktioniert, in der Natur ökologisch unvollständig, weil der Parasit nicht zu den Wirten vordringt. So erreicht z. B. *Trichogramma* normalerweise keine Eier von Kleidermotten (*Tineola bisselliella* [Hum.]), nimmt sie aber im Versuch gut an (184).

Besonders interessante Beziehungen bestehen zwischen Schmarotzer und Wirt, wenn der Parasitismus von der Anwesenheit einer weiteren Wirtsart abhängt. Dies ist z. B. bei *Coccophagus pseudococci* Comp. der Fall, der auch im Insektarium sich nur fortpflanzte, wenn sein Wirt, *Pseudococcus citri* (Risso), gemeinsam mit *P. maritimus* (Ehrh.) vorkam; reine Populationen jeder dieser Schmierläuse allein wurden nicht angenommen (91).

Auch ein zeitliches Auseinanderklaffen der aktiven bzw. empfänglichen Stadien von Entomophage und Wirt kann den Parasitismus ökologisch unvollständig werden lassen. Eine vollständige zeitliche Koinzidenz liegt vor, wenn ein angriffsbereites Stadium des Entomophagen zugleich mit einem für den Angriff empfänglichen Wirts(Beute)-Stadium vorkommt. Komplikationen treten auf, wenn sich beide ungleichmäßig schnell entwickeln. Sehr häufig haben Parasiten oder Räuber mehr Generationen als die Wirte. Werden also z. B. univoltine Wirte (mit einer jährlichen Generation) von bi- oder plurivoltinen (= polyvoltinen) Parasiten (mit zwei bzw. vielen Generationen im Jahr)[4]) angegriffen, so müssen diese entweder mehrfach hintereinander das gleiche oder verschiedene Stadien eines Wirtes angreifen oder auf andere Wirte übergehen können, um den Zyklus zu vollenden. Der Zwang zu einem solchen Wirtswechsel vermag den Parasitismus schwerwiegend zu beeinflussen.

So ist z. B. die Erzwespe *Tetracampe diprioni* Ferr. bivoltin, attackiert aber die Eier der univoltinen Rotgelben Kiefernbuschhornblattwespe (*Neodiprion sertifer* [Geoffr.]). Nur dort, wo außerdem andere Diprioniden-Eier für die zweite Parasitengeneration zur Verfügung stehen, erreicht die Parasitierung von *N. sertifer* höhere Werte (168, 248). Haben Wirt und Parasit gleich viele Generationen im Jahr, wie z. B. die bivoltine *Diprion pini* (L.) und die obengenannte Erzwespe, so ist der Parasitismus vollständiger. Wahrscheinlich sind Parasiten in ihrer Generationenfolge häufig nicht so streng fixiert wie ihre Wirte. So ist diese z. B. bei *Dibrachoides dynastes* (Foerster) und *Spintherus* sp. (Pteromalidae), die parasitisch bzw. räuberisch an Puppen bzw. Eiern von *Hypera variabilis* Hbst. (Curculionidae) leben, nicht genau festgelegt; die Weibchen erzeugen Nachkommen, von denen sich einige plurivoltin und andere univoltin (wie der Wirt) entwickeln (71). Ähnliches ist auch bei Tachinen (*Digonochaeta setipennis* Fall.) bekannt (250). Zahlreiche Beispiele für die Bedeutung dieser zeitlichen Zusammenhänge finden sich in der Literatur (z. B. 40, 214 a, 247).

Auch in der Praxis der biologischen Bekämpfung hat es sich schon oft herausgestellt, daß Erfolge davon abhingen, ob für plurivoltine Parasiten geeignete Nebenwirte verfügbar waren, wenn in bestimmten Perioden keine empfänglichen Stadien des eigentlichen Schädlings vorkamen. Genannt seien hier die Versuche, zur Bekämpfung von *Grapholitha molesta* asiatische Parasiten in den Vereinigten Staaten anzusiedeln, die nahezu alle wegen fehlender Zwischenwirte scheiterten (44). Auch die Tachine *Paradexodes epilachnae* Ald., die in dem phytophagen Marienkäfer *Epilachna varivestis* Muls. schmarotzt, kann in den USA nicht heimisch werden, weil ein überwinternder Wirt fehlt (137). Jede scharfe Trennung der Wirtsgenerationen ist für plurivoltine Parasiten, die nicht genau synchronisiert auftreten, gefährlich; für sie ist das ständige Vorkommen vieler Wirtsstadien (multiple-stage population) lebenswichtig. Es kommt jedoch vor, daß die Parasiten selbst sich ihre Existenzgrundlage entziehen. So verursacht auf Java *Apanteles artonae* Rohw. nach dem witterungsbedingten Beginn einer Gradation der Zygaenide *Artona catoxantha* Hamps. eine Generationentrennung beim Wirt, welche dem Schmarotzer, der sich schneller entwickelt, die weitere Vermehrung unmöglich macht (274). Ähnliche Fälle

[4]) Manche Autoren beziehen die Generationen der Entomophagen nicht auf das Jahr, sondern auf die Wirtsgeneration.

einer derartigen, gerade in den Tropen wichtigen Generationentrennung beim Wirt mit ihren Folgen für die Parasiten sind mehrfach beschrieben worden (210, 219, 245). Wie gut sich importierte Entomophagen den witterungsabhängigen Zyklen von Wirten (oder Beuteinsekten) anpassen können, ergibt zumeist erst der Versuch am Bestimmungsort.

Betrachten wir das oben (S. 126) vom Parasiten her gesehene Phänomen der koinzidenzbedingten Spezifität einmal vom Wirt aus, so stellen wir zumeist dessen dominierenden Einfluß fest, sobald der Parasit als Larve eine enge Bindung zum Wirt eingegangen ist. Nach Schneider (208) steht z. B. *Diplazon fissorius* Grav. (Ichneumonidae) in enger hormonaler Abhängigkeit von seinen Wirtslarven (Syrphiden der Gattungen *Epistrophe* und *Syrphus*). Schaltet die Syrphidenlarve eine Diapause ein, macht sie der Parasit mit, und auch die Reaktivierung wird ihm von dem Medium diktiert, worin er sich aufhält. Diese Beobachtungen konnten erhärtet werden, indem Parasitenlarven von univoltinen in plurivoltine Wirte oder umgekehrt verpflanzt wurden. Ähnliche Fälle einer Wirtsabhängigkeit der Generationenzahl von Entoparasiten sind z. B. bekannt bei *Trichogramma cacoeciae* March. in *Cacoecia rosana* (L.) (143) und bei *Meteorus loxostegei* Vier. in *Loxostege sticticalis* (L.) (221). Andererseits kann es vorkommen, daß die Parasitenlarve Toxine sezerniert, die zum weitgehenden Verlust der hormonalen Autonomie des Wirtes führen (*Diplazon pectoratorius* Grav. in der Syrphide *Epistrophe bifasciata* F.) (208); in diesem Fall geht der Anstoß zur Weiterentwicklung nach der Diapause vom Parasiten aus.

Zu dem sehr weiten Begriff des ökologisch unvollständigen Parasitismus sei hier auch die Abhängigkeit des Schmarotzers von der Wirtsdichte bzw. sein Versagen bei nicht optimaler Dichte gestellt. Bereits im einleitenden Kapitel über den Massenwechsel war darauf hingewiesen worden, daß wirksame Entomophagen weitgehend von der Populationsdichte ihrer Wirte bzw. Beutetiere abhängen, wenn auch eine vollkommene, allein von der Dichte dieser ihrer Opfer gesteuerte Abhängigkeit nicht besteht (S. 26). Trotzdem ist die Verteilung und die Zahl der je Raumeinheit vorhandenen Wirte sicher ein ganz entscheidender Faktor für das Wirt-Parasit-Verhältnis. Bereits die großräumige Verteilung der Wirte im Raum beeinflußt den Parasitismus. Flüge von Wanderheuschrecken und Wanderungen der Zikade *Circulifer tenellus* (Baker) bringen es mit sich, daß parasitierte, schwerer bewegliche Individuen zurückbleiben und der Rest der Wirtspopulation relativ frei von Schmarotzern wird (120). — Ist der räumliche Abstand von Wirt zu Wirt sehr groß im Verhältnis zum Aktionsbereich des Parasiten, kann ein solcher „Raumwiderstand" eine ungenügende Parasitierung hervorrufen (205).

Nach theoretischen Überlegungen ist die Verteilung eines Wirtes im Raum um so günstiger für den Parasiten, je mehr der Wirt gruppenweise auftritt (231). Neuere Versuche von Burnett (34), auf die wir uns hier beschränken müssen, konnten dies bestätigen. Wenn *Encarsia formosa* Gahan (Chalcididae) nach steigenden Anzahlen ihres gruppenweise oder gleichmäßig verteilten Wirtes, *Trialeurodes vaporariorum* (Westw.), auf einer 25 inch² großen Fläche suchte, war sie bei allen Wirtsdichten erfolgreicher, wenn die Wirte in Gruppen angeordnet waren (34). Ähnliche Beobachtungen gibt es bei *Trichogramma lutea* Gir. (174).

Im gleichen Versuch ergab sich auch eine optimale Dichte des Wirtes für *Encarsia*, gemessen an der Zahl je Wirt abgelegter Eier. Die Verteilung der Eier

entsprach nicht den Zufallsgesetzen, wobei die Abweichungen nach verschiedener Richtung tendierten, je nachdem, ob die Zahl der Wirte oder die der Parasiten variiert wurde. Ohne hier auf Einzelheiten eingehen zu können, sei zusammenfassend gesagt, daß einerseits halbwegs genaue Versuche über den Einfluß der Wirtsdichte nur in einer künstlichen Umwelt unter sehr unnatürlichen Bedingungen (wie z. B. Begrenzung der Generationendauer) durchgeführt werden konnten (33, 53, 72, 136, 272), andererseits aber in der Natur der Einfluß der Wirtsdichte oft modifiziert oder von anderen Faktoren überlagert wird. Im Experiment ergaben sich für eine gewisse Zeit Schwankungen der Populationszahlen beim Wirt und beim Parasit, die zweifellos vorwiegend von dem Dichte-Verhältnis beider Partner bestimmt waren und etwa den theoretisch geforderten Populationsbewegungen entsprachen. Hohe Dichten der Wirte dämpften in einigen Fällen die Fluktuationen. Bezüglich der in der Natur dazukommenden Faktoren zeigte es sich bereits im Versuch häufig, daß bei höheren Temperaturen der Parasitierungsprozentsatz und auch die Zahl abgelegter Eier durchgehend (bei allen Wirtsdichten) größer sind als bei niederen Temperaturen (z. B. bei *Dahlbominus fuscipennis* [Zett.] als Parasit von *Neodiprion sertifer*) (31).

Wichtig ist der Hinweis von Burnett in seinem Sammelreferat über experimentelle Populationen von Entomophagen und ihren Beutetieren (35), daß viele dieser Experimente sich in zu kleinen räumlichen Bereichen abspielten, wodurch teilweise falsche Ergebnisse entstanden sind. Wesentliche Kennzeichen einer dichteabhängigen Änderung in der Populationsdichte der Parasiten sind a) die zeitliche Verzögerung gegenüber dem Wirt und b) die verschiedene Höhe der Wirtsdichte, bei der diese Reaktion am besten funktioniert. Wir unterscheiden daher Entomophagen, deren Dichteabhängigkeit sich entweder bei niedriger oder bei höherer Wirtsdichte optimal ausprägt (low bzw. high density dependent).

Neuerdings wurde mehrfach versucht, den in recht verschiedenem Sinne gebrauchten Ausdruck „density dependent" eindeutig zu definieren (235, 273). Varley plädiert dafür, sich ganz streng an die ursprüngliche Definition zu halten, wonach Räuber und Parasiten nicht mehr als dichteabhängige Faktoren gelten können, weil sie zu sehr verzögert reagieren. Solomon empfiehlt dagegen, den neuen Ausdruck „density related" so weit zu unterteilen, daß natürliche Feinde als „alternately density-related" eine besondere Form der Dichteabhängigkeit zeigen, die von den anderen, unverzögerten Modi („directly density-related" und „inversely density-related") deutlich abzutrennen ist. Soweit natürliche Feinde von der Dichte ihrer Wirte abhängen, kann es sich stets bestenfalls nur um eine unvollkommene Abhängigkeit handeln, wie Milne (151) in der gleichen Diskussion betont, da bei einem vollkommen dichteabhängigen Faktor die Wirksamkeit (bei gegebenen Umweltbedingungen) allein von der Dichte abhängt; dies ist aber bei den dichteabhängigen Reaktionen natürlicher Feinde in der Natur nicht der Fall (vgl. oben u. S. 26).

(III) Mechanisch unvollständigen Parasitismus nennt man die Erscheinung, daß bei der Eiablage oder anderen Gelegenheiten die mechanische Beschaffenheit des Wirtes bzw. seines Integumentes den glatten Verlauf der Parasitierung stören können. Für *Trichogramma cacoeciae* und *T. semblidis* ist z. B. *Cimex lectularius* L. mit ihren hartschaligen Eiern unvollständig geeignet, *Orgyia antiqua* (L.) völlig ungeeignet (184). Ob aus *Cimex*-Eiern ausschlüpfende Wespen sich durchbeißen können, hängt sehr von der Luftfeuchtigkeit ab, da in feuchter Luft auch ein härteres Chorion etwas aufweicht.

(IV) Mit chemisch unvollständigem Parasitismus bezeichnet man ein Wirt-Parasit-Verhältnis, das durch chemische Eigenschaften des Wirtes ge-

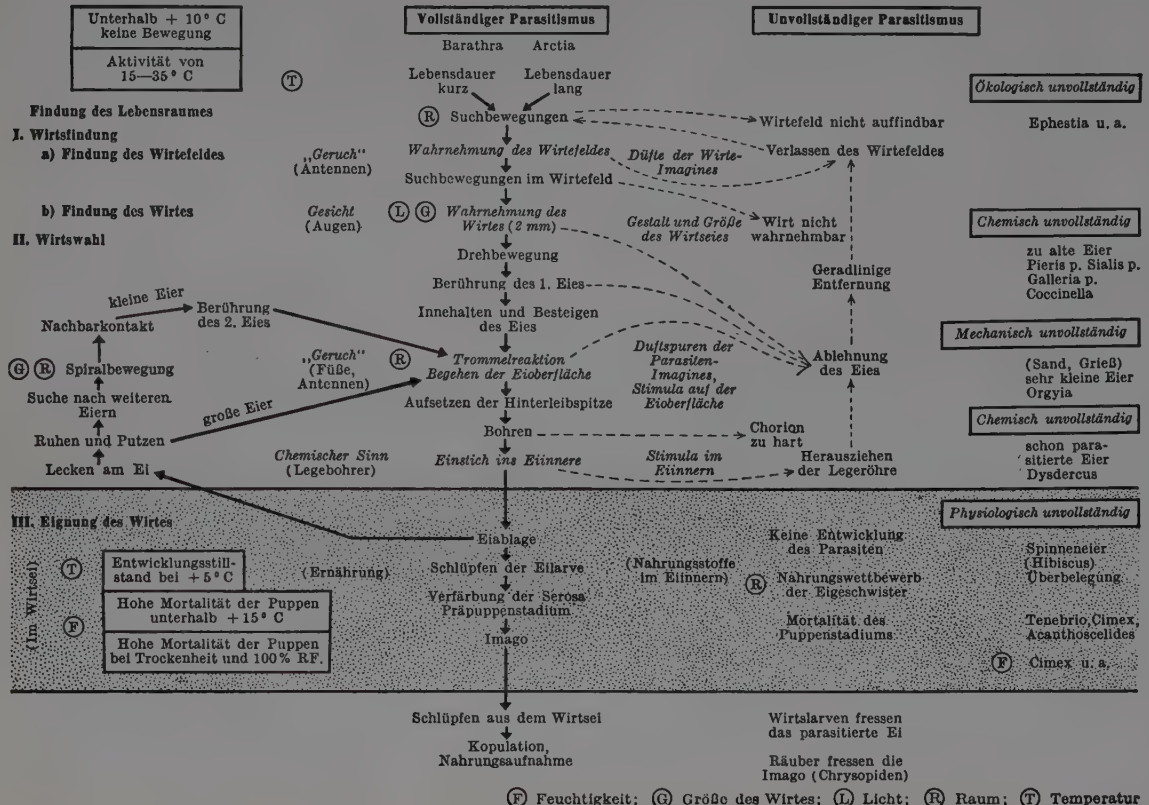


Abb. 36: Schema des Verhaltens von *Trichogramma evanescens* Westw. als Beispiel für vollständigen und unvollständigen Parasitismus. (Nach QUEDNAU, 1956) (186)

stört ist. In solchen Fällen stimulieren Wirte die Schmarotzer nicht stark zur Eiablage; z. B. stellen die Eier von *Pieris* und *Argynnis* keine starken Reize für *Trichogramma*-Weibchen dar. Auch hier gibt es alle Übergänge bis zur vollständigen Ablehnung durch diesen Parasiten, wie bei Eiern von *Agelastica alni* L., *Piesma maculatum* Lap. u. a. (184).

(V) Physiologisch unvollständiger Parasitismus liegt vor, wenn viele Individuen der Parasiten in gesunden Wirtstieren durch wirtsbedingte Ursachen absterben. Solche Wirte werden trotzdem oft gut belegt.

Hierzu gehören z. B. *Habrolepis rouxi* Comp., die japanische Rasse von *Comperiella bifasciata* How. (Encyrtidae), und eine mit „D" bezeichnete *Physcus*-Art (Aphelinidae), wenn sie in *Aonidiella aurantii* schmarotzen (91). Ein weiteres Beispiel ist die Eiablage von *Trichogramma* in *Tenebrio molitor* L., wobei der Parasit als Vorpuppe abstirbt, und in *Acanthoscelides obtectus* Say, wo 98 % der Parasiten sich ebenfalls nicht zu Ende entwickeln können (201). Die physiologischen Gründe für einen unvollständigen Parasitismus, wie er in vielen Wirtsarten vorkommt, sind beim folgenden Beispiel besonders klar: Die Tachine *Aplomyia caesar* (Ald.) legt ihre microtypen Eier auf die Fraßpflanzen zahlreicher Lepidopteren-Larven, die sie bei der Nahrungsaufnahme mitfressen; die Junglarven des Parasiten schlüpfen jedoch nur in Arten, deren Mitteldarm besonders alkalisch ist (pH zwischen 11.75 und 12.50), wie z. B. beim Maiszünsler *Pyrausta nubilalis* (Hbn.); viele andere Wirte mit weniger alkalischem Darmsaft scheiden dadurch aus (288). — Durch seine Nährpflanze kann die Eignung eines Wirtes für einen bestimmten Parasiten zu- oder abnehmen. Auf der Sagopalme (*Cycas revoluta* Thunb.) verändert sich *Aonidiella aurantii* so, daß die Entwicklungsstadien der Parasiten *Comperiella bifasciata* und *Habrolepis rouxi* zumeist absterben, während sie in der gleichen Schildlaus an *Yucca filipendula* ausgezeichnet gedeihen (233). Parasiten des Schwammspinners *(Lymantria dispar)* und des Spanners *Biston hirtarius* Cl. zeigen je nach Nährpflanze des polyphagen Wirtes eine verschiedene Eizahl und Lebensdauer. Ein optimaler Zustand der Wirte wirkt sich gleichsinnig auch auf seine Schmarotzer aus (202). Die Schildlaus *Aulacaspis rosae* Bouché an Himbeere ist ein geeigneter, an Cucurbitaceen ein ungeeigneter Wirt für die Encyrtide *Adelencyrtus aulacaspidis* Brèthes (16).

Das Schema Abb. 36 zeigt am Beispiel von *Trichogramma evanescens* nochmals zusammenfassend, welche Handlungsabläufe und Reaktionen zu einem vollständigen Parasitismus gehören, sowie an welcher Stelle und aus welchen Gründen sie vorzeitig abbrechen können, wenn das Wirt-Parasit-Verhältnis unvollständig ist. Einige weitere Beispiele dafür, daß der Wirt den Parasiten sehr vielfältig beeinflußt, seien im folgenden angeführt, da sie sich nicht ohne weiteres in das obige Schema einordnen lassen.

ββ) Weitere Einflüsse des Wirtes

Es liegen Beobachtungen darüber vor, daß durch den Wirt beim Parasiten u. a. folgendes beeinflußt werden kann: (I) die Eizahl; in große Wirte werden manchmal mehr Eier abgelegt als in kleine. So bestiftet *Pleurotropis parvulus* Ferr. (Eulophidae) die größeren Larven seines Wirtes, *Promecotheca reichii* Baly, mit mehr Eiern als die kleineren (245); das gleiche ist von *Nasonia vitripennis,* einem Parasiten verschiedener Dipteren, bekannt (289). — (II) Größe des Parasiten; Körpergröße und -gewicht hängen weitgehend von den Ernährungsverhältnissen ab. Wenn die Wirte nur geringe Fettreserven haben (202) oder gleichzeitig unter einer Infektionskrankheit leiden (20), werden auch die Parasiten kleiner, die sich in ihnen entwickeln. Die Tachine *Phryxe caudata* Rond., deren Larve sich in einer polyederkranken Raupe von *Thaumetopoea pityocampa* (Schiff.) gerade noch vor dem Tode des Wirtes fertig entwickeln kann, ergibt eine Imago von etwa einem Fünftel der normalen Größe, die aber noch fruchtbar ist (vgl. S. 46). Bei *Trichogramma*-Arten und bei Ichneumonidae (268) sind Beispiele dafür bekannt, daß die Größe und auch die Proportionen des Parasiten von der Größe des Wirtes abhängen. — (III) Geschlechterverhältnis; wenn

kleine Wirte die Parasitenweibchen nur ungenügend stimulieren, legen diese häufig männliche (unbefruchtete) Eier ab (z. B. die Braconide *Bracon gelechiae* Ashm. an *Corcyra cephalonica* Staint. [166]). Auch *Tiphia popilliavora* Rohw. (Tiphiidae) legt männliche Eier auf kleine und weibliche Eier auf große Engerlinge von *Popillia japonica* Newm. Dadurch, daß in den USA der Parasit im Verhältnis zur Wirtsentwicklung früher fliegt als in seiner ursprünglichen Heimat (Korea) und daher mehr jüngere Engerlinge antrifft, verschiebt sich das Geschlechterverhältnis nach der unerwünschten Richtung (mehr Männchen) (29) (vgl. auch S. 153). Außerdem sterben männliche und weibliche Larven mancher Parasiten nicht gleichmäßig, wenn sich im Wirt die Lebensbedingungen verschlechtern. Bei der Massenzucht von Schlupfwespen ist ein hoher Weibchenanteil erwünscht; dieser kann häufig durch Zuchten in besonders großen Wirten erreicht werden (39). — (IV) Körperbau; bei Größenänderungen des Parasiten verändern sich zumeist auch die Proportionen und manchmal auch die Zahl der Haare an den Flügeln oder den Antennen usw. (z. B. bei *Trichogramma*). Nur in manchen Wirten *(Sialis)* entstehen bei *Trichogramma semblidis* (Auriv.) ungeflügelte Männchen. — (V) Verhalten; zu den Beispielen dafür, daß je nach Wirtsart und Geschlecht der Parasiten sich diese verschieden verhalten (S. 124), sei hier noch hinzugefügt: *Coccophagus lycimnia* Wlk. lebt z. B. als weibliche Larve nur entoparasitisch in *Coccus hesperidum* L., als männliche dagegen ektoparasitisch an anderen Schlupfwespenlarven *(Microterys, Aphycus)* (266). Im angeborenen Verhalten der Parasiten nimmt der Wirt eine entscheidende Stellung ein, worüber bereits bei den Abschnitten über Spezifität, Einfluß auf die Eizahl usw. berichtet worden ist. Allein schon durch seine Größe kann der Wirt, wenn unter seinem Einfluß Parasiten-Imagines besonders klein oder groß werden, das Verhalten gegenüber anderen Wirten beeinflussen. So interessieren sich *Trichogramma*-Weibchen ohne Rücksicht auf absolute Maße nur für Wirtseier, die größer sind als sie selbst (73).

(VI) Die Wirtswahl von Parasiten kann manchmal dadurch beeinflußt werden, daß sie nur in einer von mehreren möglichen Wirtsarten aufwachsen. Diese Beeinflussung (conditioning) bezieht sich auf die Leistungen der bei der Wirtswahl beteiligten Sinnesorgane, vor allem der olfaktorischen Organe. Man stellt sich also vor, daß Parasiten den Wirt bevorzugen, in dem sie sich entwickelt haben (Hopkinssches Prinzip [124]). Versuche mit Entomophagen, diese auf einen vorher unbeliebten Wirt durch laufendes Züchten in ihm umzustimmen, hatten bisher nur beschränkte Erfolge, die sich nicht über ein gewisses Maß steigern ließen (z. B. mit *Idechthis canescens* [Grav.] [264], mit *Cephalonomia waterstoni* Gahan [65]). — In anderen Fällen wurde praktisch keine bessere Annahme eines unbeliebten Wirtes erreicht (z. B. *Acanthoscelides obtectus* Say als Wirt für *Trichogramma evanescens* [201]). — Gewöhnungserfolge von diesem Eiparasiten an *Galleria mellonella* erwiesen sich als umweltlabil; die durch lange Zucht in diesem ursprünglich ungern angenommenen Wirt angewöhnte gute Annahme ging nach Pas-

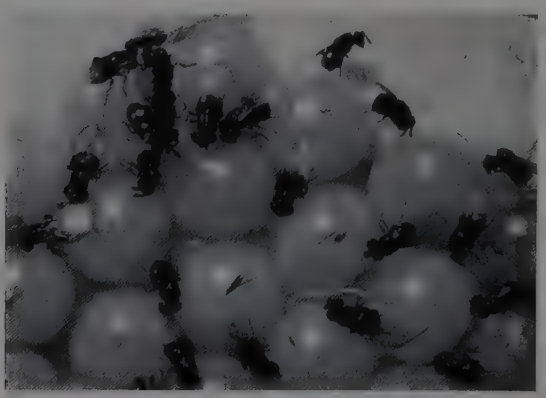


Abb. 37: *Trichogramma semblidis* (Auriv.) an Eiern des Bärenspinners *(Arctia caja* [L.]) parasitierend (20×). (Nach QUEDNAU, 1955) (184)

sage durch *Cimex*-Eier wieder verloren, verbesserte sich aber weiter nach Zucht in *Arctia caja* (L.). Dieser letztgenannte Wirt veränderte auch die Laufaktivität dreier *Trichogramma*-Arten erheblich (184) (Abb. 37). Die Selbstgewöhnung so plastischer Arten an gerade erreichbare Wirte mit den daraus entstehenden Verhaltensänderungen dürfte dazu beitragen, den Parasiten enger an den Wirt in einer bestimmten Biozönose zu binden; „pre-imaginal conditioning" kann das Eindringen in neue Lebensräume erleichtern und vielleicht durch seine isolierende Wirkung auch die Entstehung von ökologischen Rassen einleiten (259, 260, 262). Zu anderen Ergebnissen kam MONTEITH (152, 153) mit der Tachine *Drino bohemica* Mesn., die zur Bekämpfung der Fichtenblattwespe *Diprion hercyniae* (Htg.) aus Europa nach Kanada gebracht und dort mit bestem Erfolg verwendet worden war. Die Tachine belegt auch andere Blattwespen (*Neodiprion*-Arten), wobei bestimmte Wirte auf Grund von Duftstoffen der Nährpflanze bevorzugt werden. Umgewöhnungen hatten je nach Wirtstier und Wirtspflanze verschiedene Erfolge, ließen sich aber weder zur ausschließlichen Bevorzugung einer Wirtsart steigern noch auf die Dauer halten. Die ursprünglich vorhandene Bevorzugung einer Wirtsart veränderte sich zyklisch ohne Zutun des Versuchsanstellers auch nach über 80 Generationen Zucht an einem Wirt. Die Variabilität des Verhaltens war nach Ansicht des Verfassers so groß, daß in diesem Fall „conditioning" nicht als Vorstufe zur Entstehung einer biologischen Rasse aufgefaßt wurde.

(VII) Die Sterblichkeit des Parasiten kann durch aktive Eingriffe des Wirtes vergrößert werden. So fressen z. B. die Raupen von *Prodenia litura* (F.) zuweilen die Larven und Kokons der Braconide *Microplitis demolitor* Wilk., nachdem die Parasiten sich aus ihnen ausgebohrt haben (115). Raupen von *Pieris*-Arten verzehren nach dem Schlüpfen manchmal die von *Trichogramma* parasitierten Geschwister-Eier (186).

(VIII) Abwehrreaktionen des Blutes bestimmen häufig die mehr oder weniger große Eignung eines Wirtes für einen Parasiten. Sie zeigen, daß der Wirt keineswegs nur der passive Partner eines Wechselspieles ist, bei dem es darum geht, wer von beiden überlebt. Obwohl sich mit dieser Frage zahlreiche Untersuchungen beschäftigt haben, sind unsere Kenntnisse noch sehr unvollständig (25, 48, 138, 149, 172, 253, 265). Ausführliche Übersichten verdanken wir BESS (18), ESCHERICH (63), MULDREW (160), SCHNEIDER (207), SWEETMAN (241). Die meisten Autoren stimmen darin überein, daß nicht zum Wirt passende Parasiteneier oder -larven häufig von Blutzellen eingekapselt werden, die Phagozyten oder wohl richtiger (da es sich nicht um ein eigentliches Auffressen kleinster Fremdkörper durch die Zelle handelt) Lymphozyten genannt werden (207). Die strittige Frage bei diesem Immunitäts-Problem ist, ob diese Zellen lebende Parasiten angreifen, einkapseln und dadurch primär abtöten, oder ob die Immunität mehr auf einem humoralen Abwehrmechanismus beruht, wobei die Lymphozyten nur den geschwächten oder schon toten Parasiten einhüllen und den Wirt dadurch gegen einen sich zersetzenden Fremdkörper schützen. Dieser zuletzt genannten Ansicht stimmen weniger Autoren (147, 173, 253) zu als der ersteren. Schließlich wurde auch die Auffassung vertreten, die Unangreifbarkeit gewisser Wirte für bestimmte Parasiten gehe darauf zurück, daß die Schmarotzer sich in diesen nicht gut genug ernähren können und aus Mangel an geeigneter Nahrung verhungern (18, 77, 157). Die meisten Arbeiten haben jedoch zu der Ansicht geführt, daß eine aktive und oft wirksame Abwehr des Wirtes gegen den Eindringling vorliegt. In Übereinstimmung hiermit mißt man heute auch bei

der Abwehr von pathogenen Mikroorganismen der Insekten den Phagozytose-Vorgängen eine größere Bedeutung zu als der humoralen Immunität (vgl. S. 37).

Wenn gesunde Eier oder Larven eingekapselt werden, die sich z. T. noch in ihrer Hülle weiterentwickeln (138) oder nach 7 Monaten noch operativ befreit werden können (160), spricht dies für eine aktive Abwehr durch Lymphozyten. Ganz sicher beruht jedoch der endgültige Erfolg oder Mißerfolg von haemogenen Abwehrreaktionen auf einem dauernden Wechselspiel von Wirt und Schmarotzer. Dies ist u. a. von Schneider an Parasiten in ungewöhnlichen Wirten experimentell eingehend analysiert worden (208, 209). Die Eier von *Diplazon fissorius* Grav. lösen z. B. im normalen Wirt *(Epistrophe bifasciata* F.) (Syrphidae) kaum eine Abwehrreaktion aus, werden jedoch in *Syrphus ribesii* L. von einer dicken, gallertigen Hülle umgeben, die jede Embryonalentwicklung verhindert, und erfahren in *Epistrophe balteata* Deg. eine Einkapselung in eine dünne, zähe Hülle, die den sich entwickelnden Embryo lediglich am Ausschlüpfen hindert. Mit beginnender Entwicklung sezernieren die Eier Stoffe in den Wirt, die der Abwehrreaktion entgegenwirken. Je kleiner die Syrphidenlarve im Moment der Eiablage des Parasiten ist und je mehr Eier (Hemmstoff-Quanten) in den Wirt gelangen, desto früher und erfolgreicher kann dessen haemogene Abwehrreaktion unterbunden werden. — Die Noctuide *Laphygma exigua* (Hbn.) kann die Eier der Ichneumonide *Hyposoter exiguae* (Vier.) nicht mehr einkapseln, wenn durch Superparasitismus viele Eier in eine Wirtsraupe gelangen (183). Beziehungen zwischen dem Gesundheitszustand des Wirtes und seiner Abwehrbereitschaft fand auch Muldrew bei der Lärchenblattwespe *Pristiphora erichsonii* (Htg.), die von *Mesoleius tenthredinis* Morley (Ichneumonidae) parasitiert war.

Dieser zuletzt genannte Fall ist für die praktische biologische Bekämpfung insofern besonders interessant, als er das einzige Beispiel dafür darstellt, daß ein eingeführter, zunächst wirksamer Schmarotzer im Laufe der Zeit lokal unwirksam wurde, indem der Wirt eine natürliche Abwehrfähigkeit erwarb. *M. tenthredinis* wurde 1910 aus England nach Kanada importiert, zur biologischen Bekämpfung der genannten, wohl ebenfalls eingeschleppten Lärchenblattwespe. Seit etwa 1920 war er der dominierende Parasit, der durch 66—75 %ige Parasitierung einen nachhaltigen Rückgang der Lärchenschädlinge verursachte. Seit 1940 ließ die Parasitierung der Kokons dieser Blattwespe durch *M. tenthredinis* anscheinend nach. Die Arbeiten von Muldrew (160, 161) zeigten dann, daß die Lärchenblattwespen in Zentralnordamerika die meisten der in die Larven abgelegten Eier einkapseln konnten, wodurch die effektive Parasitierung häufig auf unter 5 % absank. Interessanterweise ist aber dieses mit Resistenz zu bezeichnende Abwehrvermögen nur auf einige zentrale Teile von Kanada und den USA beschränkt; dort wurden nun andere Parasiten, vor allem die Tachine *Bessa harveyi* (Tsnd.) wichtiger, ohne dadurch Übervermehrungen verhindern zu können. In British Columbia (160), den östlichen Provinzen Kanadas (191) und den Vereinigten Staaten (60) ist *M. tenthredinis* nach wie vor der entscheidende Parasit, und Einkapselungen der Eier spielen nur eine ganz untergeordnete Rolle. Wahrscheinlich ist die Entwicklung dieser Abwehrreaktion auch für den Wirt mit irgendwelchen Nachteilen verbunden, so daß dieser resistente Biotyp sich nicht schnell ausbreiten kann.

β) Der Einfluß der Nahrung

Die meisten räuberischen und alle parasitischen Arthropoden leben als Larve von flüssiger Nahrung, die sie entweder in dieser Form der Leibeshöhle ihres Opfers entnehmen oder durch extra-intestinale Verdauung vorher verflüssigen. Auch die meisten Imagines der Entomophagen nehmen flüssige Nahrung auf, zusätzlich aber auch oft festere Bestandteile (z. B. Pollen). Wie schon erwähnt, fressen alle Präda-

toren, die ja mehrere Beutetiere brauchen, an diesen von außen. Schmarotzer leben dagegen ekto- oder entoparasitisch an dem einen Wirt, den sie benötigen. — Für die praktische biologische Bekämpfung kann es sehr wichtig sein, die Ansprüche der Entomophagen genau zu kennen, mit denen man zu arbeiten beabsichtigt. Dies gilt vor allem bei der Massenzucht, beim Versand und bei Ansiedlungsversuchen (vgl. 4 b). Biochemische Untersuchungen über die Bedeutung der einzelnen Nahrungsbestandteile und über Verfahren bei der Zucht an synthetischen Nährmedien sind neuerdings an *Pseudosarcophaga affinis* (Fall.), einer parasitischen Diptere an *Choristoneura fumiferana* (Clem.) (125), und an der Neuroptere *Chrysopa plorabunda* Fitch (116) durchgeführt worden. Vor allem die Arbeiten von House (Übersicht 125) haben gezeigt, daß sich die Nahrungsansprüche entomophager Insekten nicht grundsätzlich von denen der phytophagen unterscheiden. Im folgenden seien weniger die Nahrungsbestandteile als einige Formen der Ernährung bei Prädatoren und Parasiten mit ihrer Umweltabhängigkeit besprochen.

αα) Bei räuberischen Arthropoden

ist Nahrung und Beute identisch, soweit sie nicht außerdem pflanzliche Nahrung (Nektar) oder „Honigtau" zu sich nehmen. Gerade diese zuckerhaltigen Exkremente von Blattläusen (Aphidoidea), Schildläusen (Coccoidea), Blattflöhen (Psylloidea) und Zikaden (Cicadina) sind für eine Reihe von Prädatoren-Gruppen erwünschte Zukost (z. B. für Imagines der Coccinellidae, Anthribidae, Syrphidae, Tachinidae, Chrysopidae); für sehr viele Ameisen (Formicidae) ist sie jedoch obligatorisch (116, 170, 290, 291). Für die Gattung *Formica* ist diese Nahrung nach Zoebelein sogar die überwiegende, und Insektenbeute scheint nur, allerdings unentbehrliche, Beikost zu sein.

(I) Honigtau: Bei baumbewohnenden Blattläusen und Zikaden können die dem Stamm entzogenen und als Honigtau von Ameisen verwerteten Kohlenhydrate beträchtlichen Umfang erreichen (290). Wirklichen Schaden verursachen dadurch in mitteleuropäischen Wäldern natürlich vorkommende oder angesiedelte Kolonien der *Formica rufa*-Gruppe jedoch höchst selten, fast nur an Buchen mit Befall durch die Buchenkrebs-Baumlaus (*Schizodryobius pallipes* [Htg.]). Besonders bevorzugte Honigtauspenderin ist die Fichtenquirlschildlaus *Physokermes hemicryphus* Dalm. (204). Der Besuch „honigender" Läuse hängt von der Witterung und dem Wechsel des Honigtauangebotes in den Baumkronen ab. Letzteres beeinflußt auch das Straßennetz der Ameisenkolonien und die Stärke seines Belaufes. Umgekehrt wirkt sich der Ameisenbesuch stimulierend auf Honigtauproduktion und Vermehrung von Blattläusen aus (15), und zwar zusätzlich zu dem bereits besprochenen Schutz, den viele Ameisen gegen manche Blattlausfeinde gewähren.

Andere Formiciden, die wohl ursprünglich alle richtige Räuber waren, haben sich je nach den örtlichen Gegebenheiten auf besondere Nahrungsquellen umgestellt. Manche sind z. B. reine Körnersammler, andere Pilzzüchter usw. Die für eine biologische Bekämpfung in Europa besonders wichtigen Arten der *Formica rufa*-Gruppe sind kolonienbildend; sie verwenden als Vorratsnahrung den Honigtau, der ihnen auch in insektenarmen Zeiten das Überleben ermöglicht. Bei höherer Lufttemperatur nehmen sie zur Deckung ihres Eiweiß- und Fettbedarfes dann zusätzlich Insektennahrung (nach Wellenstein [280] durchschnittlich 33 %); bei alleiniger Ernährung mit Kohlenhydraten scheint die Fortpflanzung gehemmt zu sein. Wegen der genannten Witterungsabhängigkeit der Ernährung lebt diese Waldameisen-Gruppe besonders räuberisch in trocken-warmen Gebieten und Waldtypen. Hartgepanzerte Insekten werden nur gelegentlich, weichhäutige dagegen vor allem dann überwältigt, wenn sie sich stark bewegen. Unauffällig an den Trieben der Fichte fressende Blattwespenlarven (*Pristiphora abietina* [Christ]) werden z. B. erst dann stärker erbeutet, wenn sie zum Ein-

spinnen in den Boden wandern. Die räuberische Ernährungsweise dieser Ameisengruppe, über die viel veröffentlicht worden ist, macht sich also nur dann bemerkbar, wenn die (temperaturbedingte) aktive Phase der Räuber mit den empfindlichen und auffälligen Stadien der Beuteinsekten zusammenfällt (63, 107, 163, 281, 282, 283) (dort weitere Literatur). [Weitere Hinweise über die Beziehungen zwischen Ameisen und anderen Entomophagen vgl. S. 119, über Honigtauspender vgl. dieses Handbuch V, 4. Lieferung: Homoptera.]

(II) Andere Nahrung: Auch andere Prädatoren-Gruppen verzichten nicht völlig auf pflanzliche Nahrung. Viele von ihnen nehmen fakultativ (als Notnahrung) oder obligatorisch Pflanzensäfte auf. Raubwanzen (z. B. die Pentatomiden *Arma custos* F. [164] und *Picromerus bidens* L. [145]), manche Raubmilben und andere Prädatoren wechseln vom Saugen an Pflanzen über zum Saugen an Arthropoden; gerade bei Raubwanzen ist das erste Larvenstadium häufig phytophag. Auch an Eiern räuberisch lebende Hymenopteren-Larven (z. B. die Pteromaliden *Panstenon oxylus* [Walk.] und *Ahlbergiella aequa* [Walk.]) können sich notfalls mit Pflanzensäften ernähren (193). — Die Imagines räuberischer Dipteren sind, soweit sie überhaupt Nahrung aufnehmen, fast stets auf pflanzliche Kost (einschl. Honigtau) angewiesen. Manche Syrphiden-Arten, die als Vollkerfe überwintern, fliegen im Frühling weite Strecken bis zu den nächsten Blüten, um dort Pollen zu fressen (211). Ohne Pollennahrung können sie keine Eier bilden — ein Hinweis darauf, daß die Blumenarmut intensiv genutzter Kulturlandschaften diesen Blattlausfeinden schlechte Entwicklungsbedingungen bietet. — Relativ wenige Dipteren mit räuberischen Larven sind auch als Imagines Prädatoren (z. B. Therevidae, Asilidae, Dolichopodidae). Andere Gruppen, wie die Empididae u. a., sind nur als Vollkerfe Räuber.

Ganz allgemein sind Qualität und Quantität der Beutetiere für Prädatoren äußerst wichtig. Auch für so polyphage Räuber wie *Coccinella septempunctata* L. sind z. B. nicht alle Blattläuse genießbar. Allein an *Aphis sambuci* L. (an Holunder) kann sich dieser Marienkäfer nicht fertig entwickeln. Andererseits werden die gleichen Holunderblattläuse von *Adalia bipunctata* L. gut vertragen (121). — Die Eiproduktion von *Chrysopa plorabunda* Fitch wird durch die Art der Ernährung stark beeinflußt; bei reiner Honigfütterung legen diese Florfliegen z. B. keine Eier (116).

(III) Beutedichte: Über die Beziehungen zwischen Beutedichte und Räuberdichte gibt es weniger genaue Untersuchungen als über die entsprechende Frage bei Parasiten. Da bei der Diskussion der Wirksamkeit von Entomophagen auf den grundsätzlichen Unterschied zwischen Räubern und Parasiten noch einzugehen sein wird, begnügen wir uns hier mit dem Hinweis auf Modellversuche mit Raubfeinden phytophager Milben; nach diesen ist die Mindestdichte der Beute, an der bestimmte Räuber noch überleben können, für die einzelnen Arten verschieden (98) (vgl. S. 129); bei entsprechender räumlicher Gliederung des gebotenen künstlichen Lebensraumes können zyklische Veränderungen der Beute- und Räuberdichte entstehen, die denen in entsprechenden Versuchen mit Parasiten ähneln (128). Auch von Freilandbeobachtungen ist bekannt, daß je nach Beutedichte verschiedene Räuberarten auftreten; wir unterscheiden solche, die schon bei geringer Dichte leben können, und andere, die eine höhere benötigen. *Stethorus punctillum* (Weise) (Coccinellidae) erscheint z. B. in England erst bei höheren Befallsdichten der Roten Spinne (*Metatetranychus ulmi* [Koch]), Raubmilben der Gattung *Typhlodromus* schon bei viel geringeren (47). Ähnliche Unterschiede wurden auch bei Chermesiden an Tanne *(Dreyfusia piceae)* und in anderen Fällen beobachtet (181). Modellversuche

gaben neuerdings Einsicht in die Gesetzmäßigkeiten, die den Beziehungen zwischen Beutedichte und funktionellem Reagieren des Räubers zugrunde liegen (123 a).

ββ) Bei Parasiten

Auch für Parasiten spielt die Nahrung eine große Rolle (40). (I) Larvenstadien, die ektoparasitisch leben, haben zu ihrer Nahrung (Wirt) ähnliche Beziehungen wie Räuber, können aber ihre Nahrungsquelle gewöhnlich nicht wechseln. Entoparasiten-Larven verfügen dagegen über spezielle Anpassungen an das Leben in der Körperflüssigkeit des Wirtes. Der Mitteldarm ist bei den fressenden Larvenstadien hinten geschlossen, so daß die Nährflüssigkeit nicht durch Exkremente verunreinigt wird. Gewöhnlich nehmen sie die gesamte Nahrung, die sie zur Entwicklung benötigen, in sich auf, ehe die Verdauung stärker einsetzt. Der Mitteldarm wird damit zeitweise zum Vorratsorgan und verursacht die relativ starke Größenzunahme, die häufig von Stadium zu Stadium zu beobachten ist. Auch bei manchen Ektoparasiten ist das Wachstum erstaunlich. So faßt der Mitteldarm der vollentwickelten ektoparasitischen Larve von *Bracon hebetor* Say (Braconidae) rund 89 % ihres Gesamtvolumens (112). Das Gewicht nimmt bei ihr vom 1. zum letzten (4.) Larvenstadium um das 274fache zu (118). — Nach der raschen Wachstumsperiode werden viele Larven wieder kleiner, wenn sie die Nahrung verdauen und die angesammelten Exkremente konzentrieren. Bei Entoparasiten kann diese Schrumpfung die Atmung und die Bildung des Kokons innerhalb der Körperflüssigkeit des Wirtes unterstützen. Bei *Encyrtus infelix* (Embl.) und *Coccophagus scutellaris* (Dalm.) legen sich z. B. um die Larve die von ihr selbst ausgeschiedenen Substanzen, erhärten dort, und die Larve gewinnt durch ihr Kleinerwerden Atemraum im Kokon, der von miteingeschlossenen Tracheolen des Wirtes mit Außenluft versorgt wird (78). Auf die komplizierten Anpassungen, welche der im Wirt lebenden Larve überhaupt das Atmen ermöglichen, kann hier nicht näher eingegangen werden. Entweder schließt sich dabei der Parasit direkt bzw. über eine Atemöffnung des Wirtes an die Außenluft an, oder er entnimmt den benötigten Sauerstoff indirekt (osmotisch) der Hämolymphe oder dem Wirtsgewebe, in dem er lebt (41). — Die während der Larvenentwicklung angesammelten Exkremente werden als sogenanntes Meconium unmittelbar vor oder nach der Verpuppung, ganz selten erst nach dem Schlüpfen, durch den Enddarm abgegeben.

Die sehr verschieden geformten Larven (Übersichten bei 40, 63) der Entoparasiten nehmen ihre Nahrung gewöhnlich durch die Mundöffnung auf. Dabei bleiben lebenswichtige Organe des Wirtes (Darm, Nervensystem) bis zuletzt verschont. Wenn sie schließlich doch aufgezehrt werden, wie durch die meisten Tachinen-Larven, geht eine fermentativ bedingte Histolyse voraus. Manche Hymenopteren-Arten gebrauchen ihre in einigen Stadien vorhandenen kräftigen Mandibeln nur in der Auseinandersetzung mit Konkurrenten (vgl. S. 116) oder beim Verlassen des Wirtes. Gewisse Entoparasiten haben keine Mundöffnung und resorbieren die Nahrungsstoffe durch die Körperoberfläche (osmotisch), die durch kopf- oder schwanzwärts gelegene Ampullen häufig vergrößert ist; Beispiel: Die Larven der zur Bekämpfung von *Icerya purchasi* in Kalifornien und Chile angesiedelten Diptere *Cryptochaetum iceryae* (Will.) (Cryptochaetidae) (258).

Ekto- und Entoparasitenlarven ernähren sich entweder von den Körpersäften und Geweben lebender (gelähmter oder nicht gelähmter Wirte) oder von toten bzw. teilweise in Fäulnis übergegangenen Tieren. Im allgemeinen lähmen nur Ektoparasiten die Wirte bei der Eiablage. Wenn der lebende Wirt belegt wird und erst allmählich abstirbt, wächst die Parasitenlarve anfangs in lebendem, am Ende ihrer Entwicklung in totem Gewebe auf. Manche Arten (z. B. *Trichogramma)* können sich auch von Anfang an in toten Wirten entwickeln. Gewisse Pteromaliden (Ektoparasiten) töten die Wirtslarve schon bei der Eiablage ab, so daß sich die Larven von vornherein mit totem Material ernähren. Daher unterscheiden manche Autoren auch Biophagen (die an lebenden Wirten fressen), Cholophagen (an gelähmten Wirten) und Nekrophagen (an toten Wirten) (236).

(II) Polyembryonie: Die in einem früheren Abschnitt schon gekennzeichnete Polyembryonie (vgl. S. 115) hängt ebenfalls eng mit den Ernährungsbedingungen zusammen. Die zahlreichen Embryonen, die sich aus einem Ei entwickeln, sind stets von einer besonderen zelligen Hülle, dem Trophamnion, umgeben. Polyembryonie kommt nur bei entoparasitischen Hymenopteren vor, die jene Embryonalhülle zu bilden vermögen, die aus Furchungszellen oder den Richtungskörperchen hervorgeht. Da ein Trophamnion auch bei der Strepsiptere nachgewiesen ist, die eine polyembryonale Eientwicklung hat *(Halictoxenos),* dürfte seine Funktion als ein Organ erwiesen sein, das aus dem Körper des Wirtes (bei Hymenopteren) oder der Mutter (Strepsipteren) Nährstoffe an die Keime weitergibt (57). Allerdings haben mehrere Schlupfwespenarten, z. B. die Imaginal-Parasiten der Gattung *Perilampus* (Braconidae), ein Trophamnion, ohne sich polyembryonal zu entwickeln (63). — Die Zahl der durch Polyembryonie ungeschlechtlich entstehenden Nachkommen wechselt von Art zu Art sehr, ebenso wie das durchschnittliche Geschlechterverhältnis. Dies zeigt die folgende Tabelle:

Tab. 4

Anzahl der Nachkommen und Geschlechterverhältnis bei polyembryonalen Schlupfwespen, die aus einem Wirt schlüpfen (nach Clausen, 1940 [40])

Parasit	Anzahl Nachkommen aus einem Wirt	% ♂♂ allein	% ♂♂ u. ♀♀ gemischt	% ♀♀ allein
Macrocentrus gifuensis	16—24	35.5	37.5	27.0
Copidosoma gelechiae	160	37.0	1.0	62.0
Litomastix floridanus	1000—2000	3.9	83.7	12.4
Litomastix truncatellus	1000—2000	11.3	87.0	1.7
Platygaster felti	11—18	0.0	95.0	5.0
Platygaster hiemalis	6	0.0	80.0	20.0
Platygaster variabilis	15	0.5	92.0	7.5

Wirte der Schlupfwespen mit Polyembryonie sind vor allem Lepidoptera (für Braconidae und Encyrtidae) und Diptera (Itonididae) (für Platygasteridae). Der gesamte Inhalt des Wirtskörpers wird von den oft sehr kleinen Parasitenlarven verbraucht; die Wirte sind dann wie präpariert und behalten ihre Form, da sie voller Kokons der Schmarotzer stecken (vgl. Abb. 38). Sind mehr Embryonen vorhanden, als in dem betreffenden Wirt groß werden können, gehen die überzähligen während der Entwicklung zugrunde. Bei der zur biolo-

gischen Bekämpfung von *Grapholitha molesta* verwendeten Braconide *Macrocentrus ancylivorus* Roh. schlüpft stets nur eine Wespe, obwohl sich in den Frühstadien der Embryonalentwicklung der Keim mehrfach teilt und manchmal sogar mehrere Erstlarven entstehen. Man vermutet, daß der Parasit früher in einem größeren Wirt gelebt hat (49). Trotz des riesigen Vermehrungspotentials mancher Schlupfwespen mit Polyembryonie spielen diese Arten zahlenmäßig keine bedeutende Rolle. Da sie ihr Ei zumeist in das Wirtsei ablegen und die Nachkommen erst aus erwachsenen Larven oder Puppen schlüpfen, leiden sie mit unter der gesamten Sterblichkeit der Wirtsstadien während dieser Zeit, zusätzlich zu der eigenen Mortalität. Über weitere Einzelheiten unterrichtet eine umfangreiche, von CLAUSEN (40) angeführte Spezialliteratur.

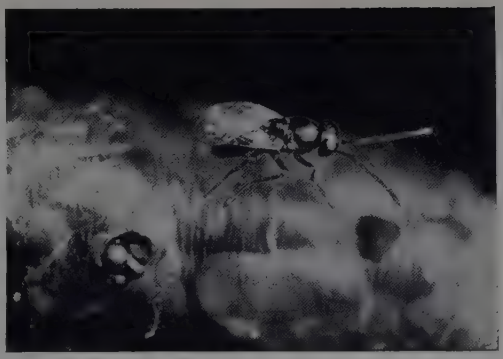


Abb. 38: Polyembryonie: Teil einer mit Puppenkokons der Encyrtide *Copidosoma cidariae* (Mayr) prall ausgefüllten Raupe (*Püngeleria capreolaria* Schiff.) mit einer eben ausgeschlüpften (oben) und einer sich gerade herausfressenden Wespe (unten links); rechts Schlupfloch. (Orig.)

(III) Einfluß der Ernährung: Wie schon erwähnt, beeinflußt die den Larven zur Verfügung stehende Nahrung die Größe der fertig entwickelten Parasiten. Schlecht ernährte Tiere können volumenmäßig bis 50mal kleiner sein als gut entwickelte. Weibchen sind meist größer als Männchen. Auch dies hängt von den Umweltbedingungen ab, da begattete Weibchen von Schlupfwespen dazu neigen, weibliche Eier in große und männliche in kleinere Wirte abzulegen. Bei Konkurrenz um ungenügend vorhandene Nahrung erliegt die weibliche Larve eher, da männliche Tiere offenbar zur Not mit weniger auskommen als weibliche.

(IV) Auch die Imagines sehr vieler Parasiten hängen in ihrer Lebensdauer und Lebensleistung stark von der Ernährung ab. Je nach Temperatur und Luftfeuchtigkeit können sie zwar mehr oder weniger lange hungern; manche überwintern sogar als Imagines. Verschiedene Arten (z. B. *Bracon hebetor* Say) verlassen die Puppe schon mit reifen Eiern. Alle Arten erzeugen jedoch mehr Eier, wenn sie gut ernährt werden; bei vielen beginnt erst nach einer längeren Fraßperiode die Eireifung.

Die Lebensdauer als Maß der allgemeinen Vitalität erwies sich z. B. bei *Macrocentrus ancylivorus* (Braconidae) als sehr von Art und Konzentration der verfütterten Zucker abhängig (178). Ernährung mit Honigtau und Honigtauhonig im Vergleich zu verschiedenen Zuckern verlängerte die Lebensdauer von *Dahlbominus fuscipennis* (Zett.) (Eulophidae) und von anderen Schlupfwespen erheblich, und zwar unterschiedlich je nach dem Honigtauspender (290). Die Imagines von *Aptesis basizona* (Grav.) (Ichneumonidae), einer zur Bekämpfung von Blattwespen an Nadelbäumen in Kanada eingebürgerten Art (vgl. Abb. 39), leben länger und legen 80 % mehr Eier, wenn begattete Weibchen statt Wasser zuckerhaltige Flüssigkeit erhalten (68). Wenn sie statt an aufgeweichten Rosinen an Honig fressen, legen sie wiederum mehr Eier, und die daraus schlüpfenden Larven sind lebenstüchtiger als die Nachkommen von mit Rosinen gefütterten Weibchen (66). Daß gut gefütterte Arten von *Trichogramma* länger leben und mehr Eier legen als schlecht ernährte, konnte mehrfach beobachtet werden (165, 212). Bekannt ist die große Abhängigkeit der als Engerlings-Parasiten praktisch wichtigen *Tiphia*-Arten (Tiphiidae) von Honigtau oder Nektar sezernierenden Pflanzen, vor allem von Doldenblütlern (114). *T. matura* Allen & Jay fliegt z. B. regelmäßig weite Strecken zu nahrungsreichen Örtlichkeiten (46).

Abb. 39: Die Ichneumonide *Aptesis basizona* (Grav.) beim Anstechen eines Kokons von *Neodiprion sertifer* (Geoffr.). (Orig.)

(V) Fressen am Wirt: Bei vielen parasitischen Hymenopteren (92) und manchen Dipteren kommt zu der geschilderten Ernährung der Imagines bei den Weibchen noch eine besondere Form: das Verzehren von Körpersäften des Wirtes (host feeding). Ohne diese räuberische Lebensweise, der zusätzlich zur Parasitierung noch weitere Wirtstiere erliegen, sind zahlreiche Schmarotzer nicht imstande, ihre Vermehrungskraft voll zu entfalten. Dabei spielt einmal die längere Lebensdauer der Weibchen eine Rolle. Ohne sich von Wirtssäften ernähren zu können, lebten z. B. Blattlaus-Parasiten aus den Gattungen *Aphidencyrtus* und *Aphelinus* durchschnittlich 2—5 Tage, mit „host feeding" 27 Tage (111). Die Aufnahme von Proteinen dürfte aber noch wichtiger für die Eibildung sein (56). Manche Schlupfwespen, die am Wirt fressen, haben noch unentwickelte Eier in den Ovarien, andere beginnen schon vorher abzulegen. Stets steht die Eierzeugung jedoch in engem Abhängigkeitsverhältnis zu dieser Form der Nahrungsaufnahme. So hört z. B. bei dem Schildlausparasiten *Aphycus helvolus* die Eibildung wegen Proteinmangels auf, wenn die Wespe 3 Wochen lang (bei 27° C) nicht am Wirt fressen darf. Läßt man sie wieder zum Wirt, beginnt sie 3 Tage nach der Aufnahme von Körpersäften des Wirtes wieder Eier zu legen (80).

Bevor eine Schlupfwespe vom Wirt frißt, sticht sie ihn an, wobei die Art des Anstechens deutlich von der abweicht, die zur Eiablage führt. Dies hängt damit zusammen, daß solche Schmarotzer mit ihrem Legestachel auch die inneren Organe des Wirtes, vor allem den Darm, verletzen, wenn sie anschließend an ihm saugen wollen. Diese Gewohnheit ist auf Hymenopteren-Arten beschränkt, die im Verhältnis zum Durchmesser des Ovipositors besonders große Eier in oder an den Wirt ablegen und bei denen Eibildung und Eiresorption zugleich ablaufen (vgl. 4, a, ee). Manche Chalcidoidea und Braconidae sezernieren beim Anstich des Wirtes eine Wachshülle rings um den Legestachel. Aus der Röhre, die nach dem Herausziehen des Ovipositors stehenbleibt, nehmen sie die Körperflüssigkeit des Wirtes auf. — Arten, die größere Eimengen im Eileiter speichern, deren Eier in der Körperflüssigkeit des Wirtes schwimmen müssen und bei denen die Geschlechter verschiedene Beziehungen zum Wirt haben, fressen nicht am Wirt. Zwischen dem Parasitierungserfolg von Schmarotzern und dem Vorkommen dieser besonderen Ernährungsweise der Weibchen hat sich keine feste Beziehung finden lassen. Allerdings sind solche „Wirtsfresser" dann benachteiligt, wenn ihre Wirte von Ameisen beschützt werden, da das Anstechen des Wirtes und das Saugen der Körperflüssigkeit mehr Zeit benötigt als eine bloße Eiablage (89). — Auch von einigen parasitischen Dipteren ist das Saugen der Imagines am Wirt bekannt geworden (z. B. von der Tachine des Kartoffelkäfers, *Doryphorophaga doryphorae* Riley) (28). Diese Art der Nahrungsaufnahme scheint auf solche Tachiniden beschränkt zu sein, die ihre Eier bzw. Larven in den Wirt legen. — Welche Bedeutung das Fressen am Wirt bei Parasiten im Rahmen ihrer Gesamtwirkung hat, wird später noch behandelt (S. 158).

γ) Der Einfluß von Klima und Witterung

Wie sehr Klima und Witterung alle Lebensäußerungen von Arthropoden beeinflussen, ja ihre Verbreitung weitgehend bestimmen, war bereits in dem einleitenden Kapitel

(2 c) ausgeführt worden. Diese Abhängigkeit finden wir natürlich auch bei räuberischen und parasitischen Formen. Hier soll in aller Kürze an wenigen Beispielen erläutert werden, wie meteorologische Einflüsse sich direkt und indirekt auf die Leistungsfähigkeit der Entomophagen auswirken können. Diese Grundlagen sind vor allem zum Verständnis der Akklimatisation von Nutzinsekten nötig.

Die Abhängigkeit der Prädatoren und Parasiten von meteorologischen Faktoren ist komplizierter als bei Phytophagen, da ein weiteres, auf die gleichen Faktoren jedoch oft anders reagierendes Glied in das Beziehungsgefüge eingeschaltet ist, nämlich das Beutetier bzw. der Wirt. Die Leistung der Entomophagen hängt also von der Wirkung ab, welche Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Wind und andere Witterungsfaktoren auf sie selbst und auf ihre Wirts- bzw. Beutetiere ausüben. Die oft ungleiche Wirkung jener Außeneinflüsse auf die beiden Partner verkleinert die theoretisch mögliche Begrenzungspotenz der Antagonisten von Phytophagen. Dies hat hauptsächlich zwei Gründe: Erstens haben Entomophagen (vor allem Parasiten) außer den Verlusten durch Witterungseinflüsse, die sie unmittelbar treffen, noch jene zu tragen, die Wirte oder Beutetiere dezimieren, von denen sie abhängen. So ist der Entomophage ökologisch immer empfindlicher als der Wirt, auch wenn er es physiologisch nicht ist (24). Diese Überlegungen beziehen sich vor allem auf Klimagebiete mit starken Gegensätzen; in solchen Zonen ist die durchschnittliche witterungsbedingte Sterblichkeit von Arthropoden größer als in Gebieten gleichmäßig günstiger Klimaverhältnisse. Ganz allgemein dürfte gelten, daß von den klimatisch für Arthropoden ungünstigen kalten und trockenen Zonen bis zu den Tropen mit ihren gleichbleibenden, optimalen Lebensbedingungen der Einfluß von Entomophagen zunimmt (251, 277). Zweitens ist die ökologische Valenz bezüglich der Witterungseinflüsse bei Entomophagen meist geringer als bei ihren Wirten und Beutetieren (Übersicht bei 234).

αα) Bei Prädatoren hat man diese Verhältnisse im Laboratorium und im Freiland untersucht. Nach Käfigversuchen erzeugt z. B. ein Weibchen der Erbsenblattlaus *Macrosiphum pisi* (Harris) unter 10° C mehr, bei höheren Temperaturen weniger Junge, als bei diesen Bedingungen von einer *Coccinella septempunctata* L. verzehrt werden können; die Zunahme der Vermehrungsrate auch bei der Laus bei über 10° C wird also überkompensiert durch die noch stärkere Zunahme des Nahrungsbedarfes beim Marienkäfer (61). Freilandbeobachtungen an räuberischen Coccinelliden, die zur biologischen Bekämpfung von Schildläusen in neue Gebiete eingeführt worden waren, haben folgendes gezeigt: Manche dieser Käfer erwiesen sich als weniger widerstandsfähig gegen Witterungsextreme als die zu bekämpfende Schädlingsart an der Grenze ihrer Verbreitung. So versagt z. B. die in vielen Kontinenten erfolgreich gegen *Icerya purchasi* an Citrus eingesetzte, aus Australien stammende *Rodolia cardinalis* (Muls.) im Schweizer Kanton Tessin, da sie in den meisten kalten Wintern wieder ausstirbt (103). Ähnlich liegt der Fall für *Cryptolaemus montrouzieri* Muls., eine ebenfalls aus Australien stammende Coccinellide, die zur Bekämpfung von *Pseudococcus*- und *Planococcus*-Arten in allen Erdteilen angesiedelt worden ist. Während sie vielerorts erfolgreich war, konnte sie sich z. B. in den trocken-heißen Gebieten Nordafrikas und Israels nicht halten (23). Auch bei dieser Prädatoren-Art ist also die ökologische Valenz kleiner als bei ihren Beutetieren. An der französischen Riviera, wo sie 1918 eingebürgert worden war und sich bis heute gehalten hat, ist vermutlich eine klimatisch widerstandsfähigere Rasse entstanden (105).

ββ) Auch bei Parasiten sind zahlreiche Arbeiten über die Bedeutung von Witterungsfaktoren durchgeführt worden, vor allem über die Widerstandsfähigkeit gegenüber extremen Temperaturen, über die Einflüsse von Temperatur und Feuchtig-

keit auf Lebensdauer, Eileistung, Aktivität usw. und über die verschiedenen Ansprüche von Parasit und Wirt.

So zeigten Laboratoriumsversuche an *Macrocentrus ancylivorus* Roh. (Braconidae), dem Parasiten des Pfirsichwicklers, daß Lufttemperaturen erst über 34° C gefährlich werden. Die Verluste waren höher bei trockener als bei feuchter Luft und die Weibchen weniger empfindlich als die Männchen (179). Bei der Eulophide *Dahlbominus fuscipennis* (Zett.) fand man, daß die Widerstandskraft dieser Schlupfwespen gegen hohe Temperaturen von den Aufzuchtbedingungen abhängt. Bei 29° C gezüchtete Tiere sind hitzeresistenter als bei 17—23° C aufgezogene. Außerdem spielen hierbei das Alter und die Ernährung der Wespen mit (8). Ferner vertragen Weibchen der genannten Art länger die Letaltemperatur von 43° C, wenn sie vorher 2—3 Std. lang bei 32° C und 36° C gehalten worden waren (10). Auch bei anderen Parasitenarten verursacht der plötzliche Übergang von tiefen zu hohen Temperaturen besonders hohe Sterblichkeit, und es kann eine gewisse Gewöhnung an Extreme eintreten. — Der Einfluß verschiedener Kombinationen von Temperatur und Luftfeuchtigkeit auf Schlupfwespen wurde mehrfach untersucht (z. B. auf Embryonalentwicklung bei *Bracon hebetor* Say (syn. *Habrobracon juglandis* Ashm.) (142); Entwicklungsdauer, Sterblichkeit, Fruchtbarkeit, Lebensdauer, Aktivität, Ausfärbung usw. unter konstanten und wechselnden Bedingungen, bei *Trichogramma evanescens* (187). Solche Studien zeigten, wie sehr Klimafaktoren praktisch alle die genannten Eigenschaften und Leistungen beeinflussen können; sie bilden die unentbehrlichen Grundlagen für die Massenzucht und Überwinterung von Nutzinsekten, vor allem außerhalb der optimalen Klimazonen für die einzelnen Arten. So kann *T. evanescens* in Mitteleuropa nur als Praepuppe überwintern, wenn sie bei niederen Temperaturen und hoher Luftfeuchtigkeit aufgewachsen und dann in Diapause verfallen ist. Abiotische Faktoren führen bei dieser überaus plastischen Art zu physiologischen und morphologischen Varianten, die denen ähneln, die durch verschiedene Wirtspassagen entstehen. — Wie stark außer der Populationsdichte auch die Lufttemperatur Suchleistung und Eiproduktion beeinflußt, wurde z. B. bei *Dahlbominus fuscipennis* im Laboratorium und im Freiland geprüft (32). Zu den unentbehrlichen Lebensvoraussetzungen der artenreichen Familie der Ichneumonidae gehört es, daß die Imagines genug Feuchtigkeit vorfinden, um regelmäßig trinken zu können (268).

Relativ selten sind bisher Beispiele, wonach durch Ansiedlung von Parasiten in andersartigen Klimazonen neue Biotypen mit veränderten Eigenschaften entstanden sind. Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang z. B. die Beobachtung, daß sich bei der Bekämpfung von *Plutella maculipennis* (Curt.) in Indonesien Populationen von *Angitia cerophaga* (Grav.) (Ichneumonidae) aus dem Norden von Neuseeland besser bewährt haben als solche aus dem Süden (275). Frühere Ansiedlungsversuche mit Tieren aus Holland waren völlig fehlgeschlagen. Die Schlupfwespe war ursprünglich aus England nach dem südlichen Neuseeland gebracht worden und hatte sich dann nach Norden ausgebreitet. Ohne diese Herausbildung eines klimatisch offenbar besser angepaßten Biotyps wäre es nicht zu dem durchschlagenden Erfolg bei der Bekämpfung der Kohlschabe auf Java und Sumatra gekommen.

Der Einfluß von Witterungsfaktoren auf Entomophagen ist häufig indirekter Art. Sie können eine Änderung der Entwicklungsgeschwindigkeit bei Parasiten und Wirten verursachen, die sich auf die Koinzidenz auswirkt, oder die Nährpflanze kann primär beeinflußt werden und durch sie erst der Parasit.

Ein solcher Fall ist von der Encyrtide *Ageniaspis* sp. bekannt, welche die in Citrus-Blättern minierende Gracilariiden-Raupe *Phyllocnistis citrella* Staint nur anstechen kann, wenn die Blattepidermis weich bleibt; hierzu kommt es jedoch nur, wenn die Wirtspflanzen in schattiger und feuchter Lage aufwachsen (276). Um einen indirekten Einfluß der Witterung handelt es sich auch, wenn bei hoher Luftfeuchtigkeit Erdeulenraupen (*Agrotis orthogonia* Morr.) oberirdisch fressen und dadurch den Parasiten und Räubern stärker ausgesetzt sind als bei trockenem Wetter, wenn sie im Erdboden bleiben (216).

Auch bei Parasiten sind schließlich zahlreiche Beispiele bekannt geworden, wonach Wirt und Schmarotzer eine verschiedene ökologische Valenz

haben. Dabei unterscheiden sich vor allem die Lage der Optima und/oder die der noch ertragenen Extreme voneinander.

Ein Beispiel aus dem Laboratorium ist der Bevölkerungsanstieg der Mottenschildlaus (*Trialeurodes vaporariorum* [Westw.]), der unterhalb 24° C schneller, oberhalb 24° C langsamer vor sich geht als derjenige der in ihnen schmarotzenden *Encarsia formosa* Gahan (Aphelinidae); bei höheren Temperaturen ist also der Parasit überlegen (30). Auch bei der Mehlmotte *(Ephestia kuehniella)* und ihrem Parasiten *Idechthis canescens* (Grav.) begünstigen hohe Temperaturen den Schmarotzer (1). Die auf der ganzen Welt eingebürgerte Zehrwespe *Aphelinus mali* (Hald.) hat als Parasit der Blutlaus (*Eriosoma lanigerum* [Hausm.]) mancherorts nur geringe Erfolge. In Norddeutschland und Holland mit relativ kühlen Sommern kommt der Schmarotzer für die erste Wirtsgeneration meist zu spät und bringt es im ganzen Jahr nur auf 5—6 Generationen gegenüber 11—12 des Wirtes (62, 64). Im Bergland von Palästina wirkt sich der niedrige Entwicklungsnullpunkt des Wirtes (4,2° C) ungünstig aus, da die Zehrwespe erst bei 8,6° C mit der Entwicklung beginnt und daher in dem betreffenden Gebiet erst bis zum Herbst genug zugenommen hat, um praktisch wirksam zu werden (22). — Sehr genau analysiert ist auch die unterschiedliche Toleranz von Witterungsfaktoren bei *Aphytis lingnanensis* Comp. (Aphelinidae) und ihrem an Citrus schädlichen Wirt, der Schildlaus *Aonidiella aurantii* (Mask.) in Kalifornien (51). In den klimatisch ausgeglicheneren Küstenzonen liegt für beide Arten das Optimum, und dort ist die Wirkung des Parasiten so gut, daß die Schildlaus nicht mehr überhand nehmen kann. In den küstenfernen Gebieten mit beträchtlicher Abkühlung im Winter und trockener Hitze im Sommer steigt die Mortalität der Parasiten mehr an als die der Wirte, und diese werden dort erheblich schädlich.

Das zuletztgenannte Beispiel erläutert den von Rubcov (194) geprägten Begriff des synökologischen Optimums. Häufig entsteht, wie hier, eine Gradation von Phytophagen nicht dort, wo Klima und Nahrungsbedingungen für diese optimal sind, sondern dort, wo sie sich im Vergleich zu ihren natürlichen Feinden besser entfalten können. Diese Zone der erhöhten Gradationswahrscheinlichkeit kann durchaus in einem für den Schädling allein — klimatisch und edaphisch betrachtet — suboptimalen Gebiet liegen. Da, wie schon erwähnt, Entomophagen oft eine geringere ökologische Valenz haben als Phytophagen, sind im Randgebiet der Verbreitung von Schadinsekten nicht selten Gradationen zu beobachten, die von natürlichen Feinden nicht mehr zuverlässig mitreguliert werden. Weitere Beispiele dafür, daß physiologisches und synökologisches Optimum nicht zusammenzufallen brauchen, sind Heuschrecken (*Gomphocerus sibiricus* L.) in Sibirien und die Hessenfliege (*Phytophaga destructor* [Say]) in der Ukraine; beide gedeihen besser bei feuchter Witterung, sind aber in trockenen Jahren am häufigsten, da Pilze, welche die Heuschreckeneier befallen, und Schlupfwespen der Hessenfliege in ihren Ansprüchen weniger plastisch sind, also noch mehr von hoher Luftfeuchtigkeit abhängen als die genannten Schädlinge (194).

ee) Die Regulierung von Eierzeugung und Geschlechterverhältnis bei Schlupfwespen

Eine der Eigenschaften, durch die parasitische Hymenopteren wesentlich zur Regulierung der Populationsdichte ihrer Wirte beitragen können, ist ihre Fähigkeit, sowohl Eierzeugung als auch Geschlechterverhältnis ihrer Nachkommen den wechselnden Bedingungen anzupassen.

α) Erzeugung und Ablage der Eier

Die Erzeugung und Ablage der Eier bei Schlupfwespen richtet sich im allgemeinen nach den Wirten, die sie zu finden verstehen. Gibt es nur wenige Wirte, erhalten diese (außer unter extremen Bedingungen) doch nicht mehr Eier,

als sich Larven in oder an ihnen entwickeln können. Sind viele Wirte vorhanden, werden (bis zu einer gewissen Höchstgrenze) mehr Eier erzeugt. Die Häufigkeit einer Folge von spezifischen Reizen, die schließlich die Eiablage auslösen, entscheidet somit bei den wirksamen Arten über Eiablage und Eiresorption. Viele Schlupfwespen legen also je nach der gegebenen Situation ihre Eier ab oder resorbieren sie wieder, wobei die Eierzeugung ungestört weitergehen kann (s. unten); dies gibt ihnen die erwähnte Anpassungsfähigkeit.

Nach Flanders, der diese Verhältnisse besonders eingehend untersucht hat (81, 88), unterscheiden wir bei den Hymenopteren je nach der Aufeinanderfolge von Eierzeugung und Eiablage den selteneren proovigenen und den häufigeren synovigenen Typ. Proovigene Weibchen haben die Eierzeugung abgeschlossen, bevor die Eiablage beginnt. Diese meist kurzlebigen Tiere speichern ihre Eier im Ovar oder im Ovidukt und legen sie sehr bald nach dem Schlüpfen ab. Obwohl ihre Eiproduktion sehr groß sein kann, beeinflussen sie den Massenwechsel ihres Wirtes nur unter besonderen Umständen merklich, z. B., wenn der Wirt sehr häufig ist. *Coccophagus trifasciatus* Comp., Parasit der Schildlaus *Saissetia oleae*, legt die meisten seiner rund 400 Eier schon während der ersten 3 Tage nach dem Schlüpfen ab, wobei jeder Anstich sehr schnell abläuft. Diese Eulophide wird dort wichtig, wo die genannten Schildläuse von Raubameisen besucht werden und dadurch andere, langsamere Arten nicht ungestört ablegen können (81).

Synovigene Weibchen erzeugen auch noch während der längeren Legezeit laufend neue Eier, die sie entweder ablegen, sobald sie reif sind, oder (seltener) vorübergehend in den vergrößerten Ovidukten aufheben oder wieder resorbieren, solange sie noch im Ovar sind. Bei diesem zuletztgenannten und wichtigsten Typ, bei dem die Eileiter nicht zur Eiaufbewahrung umgestaltet sind, reguliert sich die Zahl der im Ovar vorhandenen reifen Eier nach dem Verhältnis von Eierzeugung und Eiresorption. Vor allem die Weibchen solcher Arten, die viele Eier produzieren, müssen dann auch am Wirt fressen. Die Eibildung hört bei ihnen mit der Zeit auf, wenn Wirte fehlen. Bei den meisten Vertretern der synovigenen Gruppe geht sie jedoch laufend weiter (z. B. bei *Nasonia vitripennis, Aphycus luteolus* Timb.); wenn keine Wirte zu finden sind, werden die Eier immer wieder resorbiert. — Auf die Zusammenhänge zwischen Bau und Funktion der Ovarien und der für die eigentliche Eiablage oft sehr wichtigen Anhangsdrüsen können wir hier ebenso wenig eingehen wie darauf, von welchen inneren oder äußeren Faktoren die Ovulation (der Übertritt des legereifen Eies aus dem Eierstock in den Eileiter) gesteuert wird. In ihrem Zusammenwirken beeinflussen Eibildung und Eiresorption, Ovulation und Eiablage die regulatorische Bedeutung einer Schlupfwespenart. Am Beispiel des Schildlausparasiten *Aphycus helvolus* sei dies erläutert: diese Encyrtide ist vermutlich deshalb so wirksam, weil sie auch bei längerem Fehlen von Wirten ihre Vermehrungskraft erhalten kann. Bei ihr hört die Produktion reifer Eier auf und alle im Ovar entstehenden Eier werden wieder resorbiert, wenn man sie 4 Wochen lang bei 27° C ohne Wirte hält. Die primären Eibildungszellen im Germarium bleiben jedoch aktiv, denn die Wespe beginnt schon 3 Tage nach erneuter Zugabe des Wirtes wieder Eier abzulegen. Wie schon erwähnt, reifen, wenn sie laufend an Wirtstieren saugen kann, täglich 9 Eier heran, und trotz der vorhergehenden langen Wartezeit legt ein Weibchen noch durchschnittlich 400 Eier (80). Bei anderen Schlupfwespen, wie z. B. bei *Brachymeria euploeae* Westw. (Chalcididae), entsteht bei längerem Entzug der Wirte eine sogenannte „Ovarialkrise", die irreversibel ist (206). Auch bei der Ichneumonide *Diadromus* sp. weichen die Einflüsse des Wirtes auf Eiablageverhalten und Eiproduktion des Parasiten von den im folgenden vorwiegend berücksichtigten Verhältnissen ab, wie eine ausführliche Untersuchung von Labeyrie (134 a) ergab.

Ökologische Bedingungen, wie das Fehlen bzw. die Unauffindbarkeit von Wirten, können also die Weibchen von Schlupfwespen zeitweilig oder dauernd unfruchtbar machen. Je plastischer die inneren Zyklen der Eibildung und Eiresorption sich diesen unvorhersehbaren äußeren Bedingungen anpassen, um so eher kann ein Parasit auch bei niedriger Dichte seines Wirtes überleben, ihn also dauerhaft wirksam begrenzen.

Die zyklische Erzeugung und Resorption von Eiern erlaubt es den betreffenden Arten, auf die Belegung ungünstiger Wirte zu verzichten, stets legereife Eier bereit zu haben und gleichzeitig mit Hilfe der zurückgewonnenen Nährstoffe länger zu leben. Die obere Grenze der Eiproduktivität wird dagegen meist nur dann erreicht, wenn sich solche „low density dependent"-Arten einer sehr schnell anwachsenden Wirtspopulation gegenübersehen; dies mag, wie im folgenden Abschnitt (4, a, ff) noch ausgeführt wird, die Ursache dafür sein, daß solche Arten dann versagen.

β) Geschlechterverhältnis

Da die Vermehrungskraft einer Art außer von der Eizahl auch von dem Geschlechterverhältnis abhängt, sei hier zuvor noch die Fähigkeit vieler parasitischer Hymenopteren erwähnt, bei ihren Nachkommen den Anteil von Männchen und Weibchen zu variieren (3, 39, 82, 84, 86, 94). Bei ihnen lassen sich keine festen Werte für den Sexualindex angeben; er wechselt mit dem Geschlechterverhältnis beim Wirt, mit den aufeinanderfolgenden Generationen der gleichen oder verschiedener Wirtsgenerationen, mit den Wirtsarten, in verschiedenen Zonen innerhalb des Verbreitungsgebietes und mit dem Gang der Gradation beim Wirt. Da die Suchfähigkeit einer Parasitenpopulation völlig von den Weibchen abhängt, ist es fast stets vorteilhaft, wenn viele Weibchen vorhanden sind. Entscheidend wichtig ist dabei, daß zahlreiche Schlupfwespenarten imstande sind, bei sinkender Populationsdichte ihres Wirtes relativ mehr Weibchen zu erzeugen als zuvor, dadurch die Suchfähigkeit der Population zu heben und den Sucherfolg weiterhin zu sichern.

Von wenigen Ausnahmen abgesehen entstehen bei parasitischen Hymenopteren die Männchen aus unbefruchteten (haploiden), die Weibchen aus befruchteten (diploiden) Eiern (Arrhenotokie). Auch bei Arten mit obligatorischer Parthenogenese sind die Weibchen diploid. Bei Arten mit bisexueller Fortpflanzung entstehen diploide Eier, falls genug Männchen zur Verfügung stehen, als Reaktion auf gewisse Umweltbedingungen. Fehlen die Männchen, so reguliert sich durch vermehrte Erzeugung männlicher (unbefruchteter) Eier das Geschlechterverhältnis in der nächsten Generation von selbst.

Während der Ablage des reifen Eies entscheidet die Zugabe von Sperma, ob es von dem ursprünglichen haploiden (männlichen) Zustand in einen diploiden (weiblichen) überführt wird. Diesen physiologischen Grundvorgang bewerkstelligen die weiblichen Geschlechtsorgane mit ihren Anhängen, die das vom Männchen empfangene Sperma speichern, aktivieren und zur richtigen Zeit zur Befruchtung freigeben. Das wesentliche hierbei mitwirkende Organ ist das Receptaculum seminis (mit Samenkapsel, Rezeptakulardrüse, Samengang [Ductus receptaculi] und Muskulatur), dem sensorische Rezeptoren im Ovidukt und an den Antennen zugeordnet sind. Die Füllung des Receptaculum, die Aktivierung des Spermas durch Drüsensekrete und die von den spezifischen Sinnesorganen empfangenen Reize sind einander übergeordnete Faktoren, die schließlich dazu führen, daß Spermien nur auf gewisse direkte oder indirekte Umweltreize hin freigegeben werden und dadurch zur Entstehung weiblicher Nachkommen führen. Flanders (94) unterscheidet bei den bisexuell sich fortpflanzenden Schlupfwespen vier Typen des Baues und der Funktion von Sperma und Receptaculum. Stets ist die Rezeptakulardrüse der dynamische Teil, der auf die Erregung der Sinnesorgane anspricht, wenn das Weibchen einen geeigneten Wirt ansticht. Die Sekrete dieser Drüse veranlassen die im Receptaculum gespeicherten und inaktivierten Samenfäden zu wandern, während gleichzeitig ein Ei an der Mündung des Samenganges vorbeigleitet. Auf die Einzelheiten dieser Typen, die sich durch den Bau der Samenkapsel, den Durchmesser des

Samenganges und die Größe von Rezeptakulardrüse und Samenfäden unterscheiden, soll hier nicht näher eingegangen werden. Die obligatorische Parthenogenese wird später noch erwähnt.

Wie gesagt, beeinflussen Umweltfaktoren diese physiologischen Vorgänge. Bei manchen sozialen Hymenopteren hemmen geringe Temperatur und Luftfeuchtigkeit offenbar die Tätigkeit der Rezeptakulardrüse. So legen Rote Waldameisen (*Formica rufa*-Gruppe) bei Lufttemperaturen von unter 19,5° C nur unbefruchtete männliche Eier ab (108).

Der Sexualindex hängt bei Arten mit sehr leistungsfähiger Rezeptakulardrüse davon ab, welche Wirtsindividuen das Schlupfwespen-Weibchen auswählt. Bevorzugte bzw. optimale Wirte aktivieren diese Drüse und bewirken dadurch, wie geschildert, eine Besamung des Eies; bei weniger optimalen Wirten tritt dieser Mechanismus nicht in Aktion, und es werden männliche Eier abgelegt. Optimal in diesem Sinne sind zumeist größere Wirte, wie mehrfach beobachtet wurde, so z. B. für Schlupfwespen der Gattungen *Pimpla, Exenterus, Campoplex, Dahlbominus, Aphycus* und der zu den Scolioidea gehörenden Gattung *Tiphia.* Auch bei der Braconide *Alysia manducator* (Panz.), einem Solitärparasiten von Fliegentönnchen, schlüpften aus den großen Puparien von *Calliphora vomitaria* L. fast nur Weibchen, aus den kleinen von *Lucilia sericata* Meig. nur Männchen (122). Die Puppenparasiten von *Choristoneura fumiferana,* Ichneumoniden der Gattungen *Apechthis* und *Phaeogenes,* haben die entsprechende Tendenz: Aus den größeren Weibchen-Puppen kamen mehr weibliche Parasiten, aus den kleinen männlichen Puppen mehr Männchen (146). Daß hierbei die Menge und Art der von den Larven aufgenommenen Nahrung nicht mitsprechen, zeigten Versuche mit *Tiphia popilliavora* Roh., einem solitären Ektoparasiten des Japankäfer-Engerlings. An kleine L_2 werden fast nur Männchen- (95 : 1), an L_3 überwiegend (2 : 1) Weibchen-Eier abgelegt; dieser Sexualindex ließ sich auch durch Umsetzen der frischgeschlüpften Larven nicht ändern (39). Das Beispiel zeigt ferner, wie durch eine leichte Koinzidenz-Änderung (der Parasit fliegt in den östlichen USA etwas früher im Verhältnis zur Wirtsentwicklung als in der ursprünglichen Heimat Korea) das Geschlechterverhältnis importierter Schmarotzer ungünstig beeinflußt werden kann (vgl. S. 140).

Sind die Rezeptakulardrüsen weniger leistungsfähig als bei der eben besprochenen Gruppe, so beeinflußt die Wirtsdichte über die Anzahl der je Zeiteinheit abgelegten Eier ebenfalls das Geschlechterverhältnis. Legen die Weibchen viele Eier schnell hintereinander, so entstehen auch Männchen. Das liegt offenbar daran, daß die genannte Drüse nicht genug aktivierendes Sekret in das Receptaculum abgeben kann, wodurch weniger Spermien abwandern und dann nur die ersten Eier einer Serie besamt werden. Bei mehreren Chalcidoidea mit gregärer Larvenentwicklung ist nur das erste Ei einer Gruppe befruchtet, die weiteren sind unbefruchtet, vor allem, wenn das Weibchen bei einem Anstich mehrere Eier hintereinander ablegt. So erklärt sich z. B. bei *Trichogramma* das in großen Wirtseiern übliche Geschlechterverhältnis von 1—2 ♀♀ : 1 ♂. Auch bei *Copidosoma truncatellum* (Dalm.) ergibt das zweite von beiden hintereinander abgelegten Eiern ein Männchen. — Ganz allgemein gilt bei dieser Gruppe, daß Eier, die z. B. wegen ihrer Größe nur in längeren Abständen abgelegt werden können, vorwiegend Weibchen zeitigen und daß umgekehrt Männchen überwiegen, wenn viele (kleine) Eier schnell hintereinander den Eileiter passieren (Gattungen *Apanteles* und *Opius*). Bei *Coccophagus ochraceus* How., der bei geringer Wirtsdichte fast nur Weibchen und bei hoher Dichte viele Männchen erzeugt, ändert sich sogar das Verhalten des Weibchens mit dem Geschlecht des abzulegenden Eies (vgl. S. 124). Befruchtete (♀) Eier legt es von oben durch die Haut in die Körperflüssigkeit seines Wirtes (Cocciden); unbefruchtete (♂) Eier heftet es von der Seite außen an den Wirtskörper. Stört man ein solches Weibchen im Versuch regelmäßig, wenn es ein unbefruchtetes Ei ablegen will, vergeht jedesmal soviel Zeit, daß das nächste Ei doch besamt werden kann; dadurch entstehen dann nur Weibchen.

Außer den bisher betrachteten Umweltfaktoren, die über die Rezeptakulardrüse wirken, gibt es noch andere, übergeordnete Außeneinflüsse, die das Geschlechterverhältnis abändern. Genannt seien die Eiablage vor der Kopulation, die Mehrfachbegattung, der Einfluß niederer Temperatur direkt auf das Sperma und die unterschiedliche Sterblichkeit der Geschlechter während der Entwicklung.

Beispiele für Arten aus der Familie der Aphelinidae, die unbegattet ebenso eifrig (männliche) Eier legen wie später nach der Begattung männliche und weibliche oder nur weibliche, sind schon erwähnt worden (S. 124). Je mehr Eier diese Wespen vor der Kopula ablegen, desto größer wird der Männchenanteil. Bei manchen Arten scheint auch der Samenvorrat nach einmaliger Begattung nicht für die ganze Eiablagezeit zu reichen. Dies würde erklären, warum gewisse Aphidiidae am Ende der Legezeit mehr Männchen erzeugen als am Anfang (217). — Mehrfachbegattung (multiple mating) verhindert z. B. bei der zur biologischen Bekämpfung von *Grapholitha molesta* massenhaft gezüchteten Braconide *Macrocentrus ancylivorus* die Entstehung weiblicher Nachkommen. Bei der Begattung erhält das Weibchen die Spermien vom Männchen in einer Kapsel (Spermatophore), die einige Zeit benötigt, bis sie im Receptaculum so zu liegen kommt, daß die Öffnung zum Ductus receptaculi weist. Erst dann lehnt das Weibchen weitere Kopulationen ab. Wird es vorher begattet, können sich bis 7 oder 8 Spermatophoren im Receptaculum ansammeln, ohne daß dann eine richtig liegt. Folglich kann nach derartiger Mehrfachbegattung bei dieser Art (und manchen anderen Ichneumonoidea, die Spermatophoren übertragen) kein oder nur ganz wenig Sperma austreten und es entstehen nur (bzw. fast nur) unbefruchtete (männliche) Eier. Bei Massenzuchten solcher Arten ist also ein Männchenüberschuß nachteilig (85). — Eine Schädigung der Spermien durch niedrige Temperaturen ist dann anzunehmen, wenn kühl gehaltene Zuchten der männlichen Larven oder Imagines zu sterilen Tieren führen (nachgewiesen z. B. bei *Euchalcidia, Tetrastichus* und *Trichogramma).* Je länger die ungünstigen Bedingungen anhalten, desto höher ist der Anteil unfruchtbarer Männchen. Manchmal verlieren auch kühl gehaltene Weibchen den Trieb zur Begattung *(Nasonia vitripennis).* — Zu unterschiedlicher Sterblichkeit der Geschlechter kann es z. B. beim Superparasitismus gregärer Arten kommen, wenn männliche Larven mit weniger Nahrung auskommen als weibliche (z. B. *Trichogramma).* Bei *Macrocentrus ancylivorus* mit seiner unvollständigen Polyembryonie (vgl. S. 147) führt Superparasitismus zum Überwiegen der Weibchen; bei ihm scheiden die zuerst entstehenden Larven offenbar einen für die weniger weit entwickelten Keime toxischen Stoff aus; da die zuerst abgelegten Eier meist weiblich sind (s. oben), haben diese die größte Aussicht, in dem Wettlauf zu siegen.

Nun gibt es noch Schlupfwespen, die sich n u r p a r t h e n o g e n e t i s c h fortpflanzen. Bei ihnen entstehen Weibchen ebenfalls aus diploiden Eiern (und selten Männchen aus haploiden), aber die Chromosomenzahl hängt nicht von der Befruchtung ab. Obligatorische Parthenogenese (Thelytokie) gibt es in den meisten Schlupfwespen-Familien (außer in der Überfamilie der Serphoidea). Derartige diploide Eier werden nach Begattung durch die ganz seltenen Männchen triploid und sind dann nicht lebensfähig. Die Diploidie unbefruchteter Eier wird auf einem der folgenden drei Wege erreicht: Die Reduktionsteilungen bei der Eireifung bleiben aus, der zweite Richtungskörper vereinigt sich nach der Reduktion wieder mit dem Kern oder ein (angenommenes) tetraploides Stadium entsteht in der frühen Eibildung und wird dann bei der Meiosis wieder auf den halben Chromosomensatz reduziert. Ohne hier auf Einzelheiten einzugehen, sei lediglich vermerkt, daß bei parthenogenetischen Schlupfwespen auch A m p h i t o k i e vorkommt, also abwechselnd thelytoke und arrhenotoke Ovarien, deren gegenseitiges Verhältnis den Sexualindex der Nachkommen bestimmt; nach Flanders hängt dieser bei *Habrolepis rouxi* Comp. (Encyrtidae) von den Ernährungsbedingungen in der frühen Larvenzeit ab.

Noch ungelöst ist in diesem Zusammenhang u. a. die Frage, warum manche Schlupfwespenarten in der Natur bisexuell sind und erst in der Zucht zu obligatorischer Parthenogenese übergehen (z. B. *Prospaltella perniciosi* Tow.). In Parallele zu Beobachtungen bei der Gallmücke *Oligarces paradoxus* Mein. ist auch bei Hymenopteren ein Einfluß der Ernährung, vielleicht auch der Temperatur, zu vermuten. Da Geschlechterverhältnis und Eizahl das Vermehrungspotential bisexuell sich fortpflanzender Arten bestimmen, ist es für die praktische biologische Bekämpfung wesentlich, diese Vorgänge zu verstehen, vor allem, um sie gelegentlich steuern zu können.

ff) Die Wirksamkeit der Entomophagen

Unter Wirksamkeit sei bei der folgenden Darstellung die Fähigkeit von Arthropodenfeinden verstanden, die Populationsdichte von Wirten bzw. Beutetieren dauerhaft zu begrenzen. Das dabei erreichte Dichteniveau soll dem Latenzbestand (vgl. S. 20) entsprechen, also unauffällig sein und die Lebensgemeinschaft nicht schädigen.

α) Eigenschaften wirksamer Entomophagen

Wirksame Entomophagen verfügen nach den heutigen Anschauungen über folgende, in den vorhergehenden Abschnitten z. T. schon ausführlich behandelte Eigenschaften:

αα) Sie haben eine größere Vermehrungskraft als ihre Wirte/Beutetiere und beantworten, was noch wichtiger ist, deren Bestandszunahme sogleich damit, daß sie sich noch stärker vermehren; und/oder sie stellen sich auf die häufiger werdende Beute ein und bevorzugen diese (vor allem Prädatoren). Auch wenn eine Feindart im Vergleich zu ihren Opfern weniger Eier erzeugt, kann sie sich doch stärker vermehren, wenn sie in der Zeiteinheit mehr Generationen durchläuft; außerdem vermag sie örtlich stärker zu wirken, wenn sie sich schnell auf die häufiger werdenden Phytophagen einstellt.

ββ) Wirksame Entomophagen haben keine effektiven Feinde oder Konkurrenten.

γγ) Ihre ökologischen Ansprüche und physiologischen Leistungen entsprechen etwa denen ihrer Wirte/Beutetiere, d. h. die Bereiche für optimale Entfaltung und für Toleranz von extrem ungünstigen Bedingungen stimmen annähernd überein. Hierzu gehören auch räumliche und zeitliche Koinzidenz sowie Eigenschaften, die Flanders (87) als Überlebensfähigkeit, Dispersionsfähigkeit und Vermögen, in das Wirtshabitat einzudringen, besonders hervorhebt (vgl. S. 126). Der Totstellreflex als Mittel, den Feinden zu entgehen, ist bei zahlreichen Parasiten und Räubern gut ausgebildet. Die Dispersionskraft muß mindestens der des gesuchten Opfers gleichen, damit nicht in Lebensbereichen, die Entomophagen nicht oder nur spät erreichen, neue Übervermehrungen entstehen.

δδ) Wirksame Entomophagen sind vor allem unempfindlich gegen eine geringe Populationsdichte von Wirten und Beutetieren. Dies bewerkstelligen manche Parasiten durch Regulation von Eierzeugung und Eiabgabe (vgl. S. 152 und S. 116) sowie durch Erhöhung des Weibchenanteils bei geringem Wirtsangebot (vgl. S. 153). Am wichtigsten ist aber wohl eine gute Suchfähigkeit, die bei Mangel an Beute/Wirtstieren noch zunimmt (270) (vgl. S. 125). Die Anzahl der von einem entomophagen Individuum abgetöteten Wirts- bzw. Beutetiere ist daher, entgegen der landläufigen Anschauung, gar nicht so wesentlich. Im Gegenteil sind solche Entomophagen wirksamer, die bei geringer Dichte ihrer Opfer mit wenigen Individuen ihren eigenen Bestand zu erhalten vermögen (87, 167).

β) Überlegenheit von Prädatoren oder Parasiten

In diesem Zusammenhang wurde oft schon die Frage diskutiert, ob die P a r a s i t e n nicht grundsätzlich d e n R ä u b e r n ü b e r l e g e n seien. Da ein einzelner Schmarotzer zu seiner Entwicklung nur maximal einen Wirt braucht (bei gregären Arten nur einen Bruchteil, s. unten), während Räuber stets mehrere Beutetiere fressen müssen, hielt man Räuber ursprünglich für effektiver (158). Unter dem Einfluß wei-

terer Beobachtungen änderte sich die Anschauung in dem von SMITH (230) und FLANDERS (87) vertretenen Sinn, wonach die tatsächlich oft beobachtete größere Wirksamkeit von Parasiten dadurch bedingt ist, daß diese einen geringeren Bedarf an Opfern haben, um ihre Entwicklung zu beenden (vgl. oben δδ). Dem ist jedoch entgegengehalten worden (286), daß das Parasitenweibchen allein die ganze Sucharbeit übernimmt und alle Wirte finden und belegen muß, damit von seinen Nachkommen durchschnittlich wieder je ein Weibchen zur Eiablage kommt und die Population dadurch auf gleicher Höhe bleibt. Beim Räuber ist das nicht notwendig. Das Prädatorenweibchen muß nicht für jedes seiner Eier eine Beute suchen, da die meist auch oder sogar allein entomophagen Larven einen Teil der Sucharbeit übernehmen. Nach WILBERT (286) ist durch das anders verteilte Risiko der Bedarf des einzelnen Räubers, auf die Dauer betrachtet, nicht höher, sondern wohl meist niedriger als der des Parasitenweibchens. Allerdings dürften viele Prädatoren gegenüber den Parasiten benachteiligt sein, weil sie als Larven weniger beweglich sind als die (meist flugfähigen) Parasitenweibchen und weil sie dadurch beim Suchen nach seltener Beute weniger Aussichten haben, ihr zu begegnen (231). Wenn die suchende Räuberlarve nicht verhungern soll, muß sie außerdem ihre Beute in einem zeitlichen Mindestabstand finden, eine Einschränkung, die bei Parasiten zumeist (s. unten) nicht besteht.

Wie sehr tatsächlich für viele Räuberlarven der Zwang, selbst zu suchen, ihre Wirksamkeit bei niederer Beutedichte herabsetzt, ergibt sich schon daraus, daß solche Prädatoren wie der Marienkäfer *Rodolia cardinalis* besonders effektiv sind, die eine der parasitischen weitgehend ähnliche Lebensweise haben (40). Das Weibchen dieser Art legt jeweils ein Ei zu einem weiblichen Beutetier *(Icerya purchasi)*; an dessen Eiern kann sich die Räuberlarve dann ohne weitere Suchgänge entwickeln. Im Prinzip dasselbe gilt für die Larven anderer Räuberarten, die inmitten von gruppenweise lebenden Beutetieren heranwachsen, soweit das eierlegende Weibchen nur imstande ist, auch kleinste Gruppen zu entdecken. Die Anschauung von FLANDERS (87), Räuber setzten sich besser durch, wenn die Beutetiere in Gruppen leben, wird auch durch die unten erwähnte neue Zusammenstellung über Erfolge in der biologischen Bekämpfung bestätigt.

Die Frage, ob Parasiten oder Prädatoren wirksamer sind, läßt sich wohl überhaupt nicht generell, sondern nur für die einzelnen Arten und unter Berücksichtigung der jeweiligen örtlichen Bedingungen entscheiden. Faktoren wie Suchleistung, Lebensdauer, Eiproduktion, Aktivitätsoptimum und viele andere müssen hierbei mitgewertet werden. In einer neuen Zusammenstellung der erfolgreichen Fälle biologischer Bekämpfung nennt SWEETMAN (240) unter 99 dafür verantwortlichen Arthropoden 33 Prädatoren und 66 Parasiten. Aus diesem Zahlenverhältnis ist jedoch nicht abzuleiten, daß Räuber als natürliche Begrenzungsfaktoren stets nur halb so viel leisten wie Schmarotzer. — Im Rahmen dieser Erörterung soll lediglich noch gezeigt werden, welchen Einfluß Gregärparasitismus, Polyembryonie, Fressen der Parasiten am Wirt und Monophagie bzw. Polyphagie auf die Wirksamkeit der Entomophagen haben.

γ) *Gregärparasiten*

Gregärparasiten legen regelmäßig mehrere Eier in oder an einen Wirt, von dem sich dann die Larven ohne gegenseitige Störung gemeinsam ernähren (vgl. S. 115). Sie benötigen zur Ablage der gleichen Anzahl Eier weniger Wirtsindividuen als solitäre Parasiten sonst gleicher Eigenschaften. Deshalb ist die Wirtsdichte, die notwendig ist, damit der Parasit seine Bevölkerungsstärke auf gleicher Höhe halten kann, geringer

(87). Gleichzeitig ist nach Wilbert (286) die Dichte des Parasiten ein wenig erhöht. Gregärparasitismus ist daher wirksamer als Solitärparasitismus, vorausgesetzt, alle anderen Qualitäten der Schmarotzer sind gleich. Dazu kommt bei gregären Parasiten mit bisexueller Fortpflanzung, daß sich die Geschlechter leichter finden, wodurch die Anzahl der weiblichen Nachkommen und die von der Gesamtzahl suchender Weibchen abhängige Suchkapazität der Population zunimmt. Diese Form des Parasitismus bringt also einige Vorteile, und zwar nicht nur für den Menschen, der wirksame Parasiten bei der biologischen Bekämpfung verwendet, sondern auch für die Schmarotzerart selbst, die dadurch mit geringem Aufwand an Wirten eine größere Anzahl weiblicher Nachkommen erzeugen kann. So ist auch der Gregärparasitismus ziemlich häufig, soweit die gegenseitigen Größenverhältnisse von Wirt und Parasit dies erlauben. Manche Weibchen können sogar die Zahl der abgelegten Eier der Größe des Wirtes anpassen (vgl. S. 139). Ein neu eingeführter Solitär-Parasit dürfte jedoch schneller zu einer deutlichen Reduktion des Wirtes führen als ein Gregärparasit mit sonst gleichen Eigenschaften (286). Durch Polyembryonie (vgl. S. 115) erhöht sich zwar ebenfalls die Zahl der je Wirtsindividuum entstehenden Parasiten. Wenn trotzdem unter den Arten mit Polyembryonie kaum wirksame Schmarotzer im Sinne unserer Definition vorkommen, dürfte das daran liegen, daß sie nur über wenige der anderen oben genannten Eigenschaften verfügen. Vor allem die Suchfähigkeit der zumeist Wirtseier belegenden Weibchen scheint recht gering ausgebildet, und die polyembryonale Entwicklung der Nachkommen nur ein Ausweg zu sein, um die Weiterexistenz von Arten zu sichern, die sonst wenig leistungsfähig sind und im Laufe ihrer langen Entwicklung regelmäßig hohe Ausfälle haben (40).

δ) Fressen der Parasitenweibchen am Wirt

Das Fressen der Parasitenweibchen am Wirt (vgl. S. 148) ist ein Weg, um den Eiweißbedarf während einer ausgedehnten Legeperiode zu decken. Es verlängert daher die Lebensdauer der betreffenden Weibchen und trägt somit dazu bei, daß diese mehr Wirte finden können. Andererseits benötigen Parasiten, die obligatorisch wie Räuber an Wirtstieren fressen, eine größere Anzahl Wirte, um ihren Bestand auf gleicher Höhe zu halten. Außer den Wirten, die infolge der Parasitierung sterben, verenden weitere, die lediglich angestochen werden und an denen die Wespen saugen. „Host feeding" verlangt also einen höheren Wirtsbestand und vermindert die Fähigkeit, mit wenig Wirtstieren eine effektive Parasitenpopulation zu erhalten, wie es für wirksame Parasiten kennzeichnend ist (92).

Manche Schlupfwespen, wie z. B. *Aphelinus semiflavus* How. oder *Aphycus helvolus*, saugen die Körperflüssigkeit auch aus Wirten, die sie oder Artgenossen schon parasitiert haben. Dadurch mindern sie natürlich die Zahl ihrer Nachkommen. Auch Arten, bei denen dies nicht vorkommt, verbrauchen mehr Wirte also sonst gleichartige Parasiten ohne diese Ernährungsart. Der Prozentsatz ausgesaugter Wirtstiere steigt, wenn das für die Belegung geeignete Stadium im Verhältnis zur Parasitenzahl seltener wird, die Weibchen aber weiterhin derartige Nahrung brauchen.

Aus theoretischen Erwägungen folgt, daß „host feeding" größere Schwankungen der Wirtsdichte verursacht. Andererseits ist es als ein zusätzlicher Mortalitätsfaktor dazu angetan, hohe Wirtsdichten schnell herabzudrücken. Bei der Verwendung von Parasiten zur kurzfristig wirkenden „Überschwemmungsmethode" (s. S. 233) ist diese Ernährungsweise also erwünscht.

ε) *Monophagie — Polyphagie*

Über die Frage, ob spezialisierte Entomophagen, die nur eine oder wenige Arten annehmen, wirksamer oder unwirksamer sind als nicht spezialisierte, ist viel diskutiert worden (5, 203, 252, 269). Nach der herrschenden Anschauung dürften streng monophage Räuber oder Parasiten erstens kaum existieren und zweitens allzu sehr von dem Massenwechsel ihres Opfers abhängen, da sie auf keine andere Art ausweichen können. Eine starke Bevorzugung einer Art wird aber andererseits für sehr entscheidend gehalten, da dies die Voraussetzung dafür ist, daß ein Prädator oder Parasit wenigstens einigermaßen dichteabhängig reagiert, wenn sich seine Opfer vermehren. Flanders (87, 97) zeigt, wie wichtig gerade der Wettbewerb mit polyphagen Arten ist und wie spezifische Entomophagen mit ihnen nur konkurrieren können, wenn die Wirts-/Beutedichte gering ist, da sie dann erst ihre zumeist überlegene Suchfähigkeit zur Geltung bringen.

Allerdings sind spezifische Entomophagen nicht immer wirksam, auch dann nicht, wenn sie sehr fruchtbar sind (z. B. die Tachinen der Gattungen *Baumhaueria, Freraea, Loewia* u. a.) (148). Ihnen fehlen dann andere wichtige Eigenschaften, bei den erwähnten Tachinen z. B. die Suchfähigkeit. Spezifität und Suchleistung sind also nicht immer gekoppelt.

Wie früher schon diskutiert (vgl. S. 126), bringt Polyphagie einerseits für Entomophagen einen gewissen Vorteil, da sie vielseitig bleiben und daher leichter Opfer finden können; andererseits sind fast in allen Untergruppen der Räuber und Parasiten relativ spezifische Vertreter entstanden, die bei einer Konkurrenz zwischen den Arten sicher überlegen sind. Der im Sinne einer größeren Wirksamkeit erfolgreichste Kompromiß zwischen diesen auseinanderstrebenden Tendenzen sind offenbar die oligophagen Parasiten und Räuber, die sich bevorzugt von einer Beute/Wirtsart ernähren, bei Bedarf aber auch mit einigen anderen Arten behelfen können.

Durch Versuche noch wenig geklärt und daher umstritten ist dagegen die Bedeutung polyphager Arten. Während zahlreiche Autoren (87, 203) ihnen eine geringere begrenzende Wirkung zuerkennen, glauben andere (148, 277), sie seien gerade bei niedriger Beutedichte wertvoller. Dabei ist auch zu berücksichtigen, ob es sich um monoxene oder heteroxene Arten handelt (vgl. S. 115). Monoxene, also nicht auf einen Wirtswechsel angewiesene Arten, sind an ihrem Dauerwirt vermutlich den heteroxenen überlegen (148). Auf diesen Wirt können sich z. B. dann, wenn die übrigen Wirtsarten zeitweise nicht verfügbar sind, die Angriffe eines polyphagen Parasiten konzentrieren (Beispiel: *Meteorus ruficeps* Nees. als Schmarotzer von *Parasyndemis histrionana* [Froel.]) (99). — Die verschiedenen Auffassungen dürften teilweise darauf zurückzuführen sein, daß diejenigen, welche eine höhere Wirksamkeit spezifischer Entomophagen befürworten, mehr die numerische Reaktion, also die zahlenmäßige Zunahme derselben schon nach geringer Dichtesteigerung von Wirten/Beutetieren im Auge haben; die Vertreter der anderen Anschauung denken dagegen mehr an die funktionelle Reaktion polyphager Entomophagen, die sich bei erhöhtem Angebot einer Beute/Wirtsart darin äußern kann, daß sie sich auf diese vorübergehend spezialisieren. Ohne eine irgendwie geartete Spezialisierung ist eine auch nur halbwegs dichteabhängige und damit effektive Regulation durch Entomophagen nicht gut vorstellbar (vgl. S. 30). — Die nur für jeden Einzelfall gültige Entscheidung über diese Frage ist dem Experiment vorbehalten. Jene vielen gelungenen und mißlungenen Vorhaben der biologischen Bekämpfung, durch Ansiedlung ganz verschiedenartiger Entomophagen-Typen

den Massenwechsel von Phytophagen zu regulieren, können als solche Versuche ausgewertet werden. Sie bestätigen im allgemeinen die oben geäußerte Anschauung, wonach irgendeine Art von gemäßigter (oligophager) und schnell auf Dichteänderungen ansprechender Spezialisierung vorteilhaft für den endgültigen Erfolg ist (vgl. Tab. 5). Weitere Methoden, die Wirkung natürlicher Feinde zu prüfen, sind später behandelt (4, b, dd).

ζ) *Wirksamkeit des Entomophagen-Komplexes*

Bisher haben wir die räuberischen und parasitischen Arten einzeln betrachtet. In der Natur wirken sie jedoch zusammen, und zwar in enger Beziehung zur übrigen Biozönose und zum Biotop. Zahlreiche Beispiele sind bereits dafür genannt worden, wie sich die Entomophagen gegenseitig beeinflussen (S. 116 ff.) und wie sie von der übrigen belebten und unbelebten Umwelt abhängen (S. 133 ff.). Dies gilt nicht nur bezüglich ihrer eigenen Überlebensaussicht, sondern auch für die hier besprochene Wirksamkeit auf das Niveau der Bevölkerungsdichte ihrer Wirte und Beutetiere.

Die von Fiske (70) aufgestellte Theorie der Parasitenfolge (sequence theory of parasitic control) ist wohl die erste Formulierung hierfür. Sie ging von der Beobachtung aus, daß bei manchen Lepidopteren (z. B. *Lymantria dispar, Euproctis chrysorrhoea*) eine Reihe von Parasitenarten nacheinander die Eier, Raupen und Puppen angreift. Daraus wurde gefolgert, ein Parasit allein könne nicht genug Individuen der Wirtspopulation vernichten; nur durch Zusammenwirken aller Glieder dieser Parasitenfolge sei es möglich, ein Schadinsekt hinreichend zu vermindern. Die Theorie verlangt daher, möglichst immer den ganzen Parasitensatz zur Verminderung eines vorher eingeschleppten Schädlings nachzuführen. Howard (126) schränkte diese Anschauung ein, indem er sie vor allem auf Wirtsinsekten mit verwickelter Lebensgeschichte, ausgeprägter Metamorphose und in mannigfaltigen Umweltverhältnissen bezog; bei gleichförmigen Wirten, die wenig beweglich bleiben, wie z. B. Schildläusen, kann tatsächlich oft eine einzige Feindart allein die Population wirksam niederhalten. Die Theorie wurde später mehrfach kritisiert (249) und modifiziert. Schon Howard & Fiske (127) hatten darauf hingewiesen, daß die Mortalität durch Feindarten in den verschiedenen Stadien keine festen Größen sind, die man einfach zusammenrechnen kann. Ob die Schwankungen der „augenscheinlichen" Sterblichkeit (apparent mortality = Verluste eines Stadiums) und der „wirklichen" Sterblichkeit (real mortality = Verluste bezogen auf Ausgangsbestand) sich bei verschiedener Populationshöhe unterscheiden und wie man die einzelnen Feindarten in ihrer Bedeutung am besten erfaßt, ist immer wieder untersucht worden (19, 154, 256). Auch das andere Extrem, nämlich die Erfahrungen, daß bei der Einfuhr von Nutzinsekten oft eine einzige Art einen durchschlagenden Erfolg erzielt hat, darf nicht zu der Verallgemeinerung führen, in der natürlichen Begrenzung ohne menschliche Einwirkung lägen die Dinge ebenso. Bei diesem „natural control" scheint vielmehr das Zusammenwirken eines Komplexes von Entomophagen (und meist auch noch anderen Faktoren) die Regel zu sein. Dabei ist der Ausfall eines Gliedes dieser Feindgruppe zumeist nicht allzu störend für das Funktionieren natürlicher Regulation (in den ihr gesetzten Grenzen), da sich die einzelnen Feindarten bis zu einem gewissen Grade gegenseitig ersetzen und in ihrer Wirkung ausgleichen können.

Eine solche Kompensation (229, 234) biotischer Mortalitätsfaktoren und speziell der Entomophagen untereinander ist schon häufig beobachtet worden; sie gibt dem Vertilgerkomplex als Ganzem eine gewisse, über die Leistungen einer einzigen Art hinausgehende Plastizität unter wechselnden Umweltbedingungen. Die Erfolge einzelner Parasiten oder Räuber, die zur Verwendung bei der biologischen Bekämpfung importiert worden sind, beweisen nicht, daß im Herkunftsgebiet die natürliche Regulierung entsprechend erfolgt. Die Arten, die sich schließlich bewährt haben, stellen eine Auslese derer dar, die auch unter den Bedingungen der

neuen Heimat effektiv bleiben, manchmal sogar noch wirksamer werden als im Herkunftsgebiet. Am klarsten wird das durch jene Entomophagen demonstriert, die gar nicht zu dem ursprünglichen Vertilgerkreis eines Schädlings gehören, sondern sich erst beim Verwendungsversuch auch gegen neue Arten als hervorragend brauchbar herausgestellt hatten. Noch sind unsere Einsichten in diese Zusammenhänge sehr lückenhaft. Soweit wir sie schon übersehen, läßt sich zusammenfassend sagen: eine Begrenzung von Phytophagen durch Einzelarten als natürliches Phänomen dürfte relativ selten sein, obwohl in dem Bereich der bisher bei der biologischen Bekämpfung gesammelten Erfahrungen solche Fälle mehrfach vorgekommen sind.

Beispiele dafür, daß zahlreiche Entomophagen an der Niederhaltung einer Phytophagen-Art beteiligt sind, gibt es in Fülle. Dabei ist weniger an die Parasiten-/Wirtslisten oder Räuber-/Beuteverzeichnisse gedacht, die nur summarisch das festhalten, was sich an verschiedenen Örtlichkeiten und zu verschiedenen Zeiten zugetragen hat. Wichtiger sind die unter Berücksichtigung biozönotischer Wechselbeziehungen angestellten Beobachtungen über den Feindkomplex einzelner, meist schädlicher Phytophagen in konkreten Fällen. Genannt seien von den vielen bekannten Beispielen solche, die auch auf die kompensatorische Fähigkeit des Vertilgerkreises eingehen, wie die Untersuchungen über den Massenwechsel und die Feinde des Eichenwicklers (*Tortrix viridana* L.) (213, 215), des Maiszünslers (*Pyrausta nubilalis* [Hbn.]) (37), der Kiefernblattwespe *Diprion similis* (Htg.) (117), der Fritfliege (*Oscinella frit* [L.]) (223) und des Grauen Lärchenwicklers (*Zeiraphera griseana*) (12).

Entomophagen können sich in der Gemeinschaft eines Vertilgerkreises nun nicht nur teilweise ersetzen (Kompensation), sondern oft auch gegenseitig ergänzen. Das gilt für die verschiedenartige Anpassung an die einzelnen Stadien der Wirte/Beutetiere und vor allem für die Angriffsform und damit die den einzelnen Arten zugänglichen Aufenthaltsorte der Opfer. So finden z. B von den Angehörigen des Prädatorenkomplexes der Tannenlaus (*Dreyfusia piceae*) die Käfer und ihre Larven mehr die offen sitzenden, die Dipterenlarven besser als diese die in Rindenritzen und Flechten versteckten Chermesiden (6, 100).

Wie schon früher betont (S. 30), ist die Überzahl der Entomophagen nicht wirksam im Sinne unserer oben gegebenen, sehr anspruchsvollen Definition. Daß ein Zusammenwirken von mehreren, im einzelnen unvollständig begrenzenden Feindarten auch nicht einen vollkommenen Regulationsfaktor ergibt, ist mit Recht betont worden (150). Trotzdem steigt, und nur das sollten die obigen Ausführungen zeigen, die Flexibilität und damit die Wirksamkeit eines solchen Faktors an, wenn er sich komplex aus vielen Entomophagenarten zusammensetzt. Ein solcher Feindkomplex mit verschiedenartigen ökologischen Ansprüchen kann verständlicherweise besser in einem gegliederten und vielseitigen Ökosystem existieren als in einem verarmten (234, 277) (vgl. S. 31).

η) Relativität der Wirksamkeit von Entomophagen

Wirksame Entomophagen kann man zusammenfassend dadurch kennzeichnen, daß sie eine ausgeprägte Suchfähigkeit haben, lange Lebensdauer sowie eine mit geringem Bedarf an Wirten/Beutetieren gepaarte Vermehrungskraft, welche sich dem wechselnden Angebot schnell anpaßt und auch bei rascher Vermehrung der Opfertiere nicht leicht zu erschöpfen ist. Solche idealen, unter allen Umständen „funktionierenden" Entomophagen gibt es jedoch nicht. Sie sind eine geistige Konstruktion, die wir durch Zusammensetzen der bei den einzelnen, relativ wirksamen Arten beobachteten Eigen-

schaften aufgebaut haben. Man muß gerade in der biologischen Bekämpfung lernen, den Qualitätsbegriff von Nutzorganismen als etwas Dynamisches zu betrachten und nicht mit der normierten Wirksamkeit chemischer Mittel zu vergleichen.

Auch auf der ganzen Welt „erfolgreich" eingesetzte Prädatoren wie *Rodolia cardinalis* (gegen *Icerya purchasi*) und Parasiten wie *Aphelinus mali* (gegen *Eriosoma lanigerum*) oder *Aphycus helvolus* (gegen *Saissetia oleae*) versagen, wo die Lebensbedingungen für sie ungünstiger sind als für die Schädlingsart (vgl. S. 151). Weitere Beispiele bei (50 a).

Die Wirksamkeit der Nutzarthropoden ist eben nichts Absolutes, sondern sie hängt von den oben besprochenen Anlagen der betreffenden Arten und von den Umweltverhältnissen ab. Zu jeder derartigen Angabe gehört somit konsequenterweise eine zeitliche und eine örtliche Bestimmung. Besonders interessant und demonstrativ für die Relativität dieser Begriffe ist der Wechsel der wirksamen Arten je nachdem, ob ein Phytophage häufig oder selten ist. So kennen wir eine Reihe von Fällen, bei denen effektive Nutzinsekten erst ihre Bedeutung erweisen konnten, nachdem andere Arten das allgemeine Populationsniveau der Wirte gesenkt hatten.

Die Aleyrodide *Aleurocanthus woglumi* Ashby, ein Schädling an Citrus-Kulturen, war aus Asien nach Kuba, Jamaica und anderen Inseln eingeschleppt worden. Zwei im Jahre 1930 aus Malaya dorthin importierte Arten, vor allem der Parasit *Eretmocerus serius* Silv. (Aphelinidae), erreichten in Kürze, daß die Schäden in dem bis dahin befallenen Gebiet vollständig verschwanden (45). Als 1935 der gleiche Schädling (citrus blackfly) nach Mexiko kam, führte das US-Landwirtschaftsministerium die seinerzeit schon so erfolgreiche biologische Bekämpfung nun auch zusammen mit den mexikanischen Stellen auf dem Festland durch, um das angrenzende Gebiet der Vereinigten Staaten vor Einwanderung zu bewahren. Der genannte Parasit bewährte sich in dem kontinentaleren Klima jedoch nicht. 1948—1950 aus klimatisch ähnlichen Zonen Pakistans und Westindiens beschaffte Parasiten eigneten sich besser. Bei hoher Wirtsdichte waren *Amitus hesperidum* Silv. (Platygasteridae) und *Delphastus pusillus* J. Lec. (Coccinellidae) besonders wirksam, und erst nachdem diese den Befall von *A. woglumi* stark vermindert hatten, zeigte sich die Bedeutung von *Prospaltella clypealis* Silv. (Aphelinidae) und anderen Parasiten als Begrenzungsfaktoren bei niederer Dichte (44, 227).

Prinzipiell ähnlich verlief die Entwicklung bei den vielen verschiedenen, zur Bekämpfung von *Diprion hercyniae* (Htg.) nach Nordamerika gebrachten Parasiten (67). Solange diese Fichtenblattwespe noch sehr häufig war, dominierten manche Parasitenarten, die später, nach Verbreitung der Virusseuche und dadurch erreichter radikaler Verminderung des Schädlings, ganz zurücktraten (vgl. S. 45). An deren Stelle erschienen nun „low density dependent" Schmarotzer wie *Exenterus vellicatus* Cushm. (Ichneumonidae) und *Drino bohemica* Mesn. (Tachinidae) (190). Wie später noch auszuführen, ist daher die Auswahl geeigneter Nutzarthropoden ebenso schwierig wie die endgültige Beurteilung des Wirkungsgrades einzelner Arten.

Auch innerhalb kurzfristiger Gradationen ändern sich manchmal die Verhaltensweise (vgl. S. 114) und die Bedeutung der Entomophagen. Das ist früher z. B. schon für die Nonne *(Lymantria monacha)* (279) und neuerdings für den Lärchenwickler (*Zeiraphera griseana* [Hb.]) (12, 27) gezeigt worden. Da bei einem schnellen Anstieg ihrer Bevölkerungsdichte manche Phytophagen den zuvor wirksamen Feinden zeitweilig zu entkommen scheinen, nennt Voûte diese Phase einer solchen Gradation „escape phase" (277). Die von Wellington (284) beobachteten verschieden aktiven Raupentypen bei *Malacosoma pluviale* (Dyar) beeinflussen ebenfalls die Wirksamkeit der Feindinsekten und den Ausbruch von Epizootien.

Außerhalb des hier betrachteten Bereiches der Arthropoden wird der Parasitismus dann als am vollkommensten entwickelt angesehen, wenn der einzelne Wirt möglichst

wenig Schaden erleidet. Im Prinzip dasselbe gilt für entomophage Räuber und Schmarotzer, wenn wir nur den Begriff „Wirt" auf die ganze Wirtspopulation ausweiten (286). Obwohl das attackierte Einzeltier schließlich fast immer stirbt, ist es für eine Entomophagenart wichtig, daß seine Wirts-/Beutebevölkerung nicht ausstirbt, da sich damit der Angreifer selbst seine Lebensgrundlage entzöge. Räuber und Parasiten sind daher auch im Hinblick auf die Weiterexistenz ihrer Art am weitesten entwickelt, wenn sie eine möglichst geringe Zahl von Opfern brauchen, um ihren eigenen Bestand auf gleicher Höhe zu erhalten. Sie lassen dann auch genug ihrer Opfer übrig, um die Kontinuität zu sichern, sind aber befähigt, auch noch zu überleben, wenn die Wirte/Beutetiere selten geworden sind. Dies kann auch bei den am besten von Feinden „regulierten" Phytophagen immer vorkommen, da stets noch andere Faktoren den Massenwechsel beeinflussen und dadurch, wie mehrfach erwähnt, die Regulation nie vollkommen ist. Damit besitzen derartige im Sinne ihrer eigenen Arterhaltung weit entwickelte Parasiten und Räuber auch die gleichen Qualitäten, die wir für die biologische Bekämpfung als wirksam bezeichnet haben.

Literatur zu 4, a

1. Ahmad, T.: The influence of ecological factors on the Mediterranean flour moth, *Ephestia kuehniella* and its parasite, *Nemeritis canescens*. J. Anim. Ecol., *5*, 67—93, 1936. — 2. Ahmed, M. K., L. D. Newson, R. B. Emerson & J. S. Roussel: The effect of Systox on some common predators of the cotton aphid. J. econ. Ent., *47*, 445—449, 1954. — 3. Aubert, J.-F.: Biologie de quelques Ichneumonidae Pimplinae et examen critique de la théorie de Dzierzon. Entomophaga, *4*, 75—188, 1959.

4. Bachmaier, F.: Beitrag zur Terminologie der Lebensweise der entomophagen Parasiten-Larven. Beitr. Ent., Berlin, *8*, 1—8, 1958. — 5. Baer, W.: Die Tachinen als Schmarotzer der schädlichen Insekten. Z. angew. Ent., *6*, 185—246, 1920; *7*, 97—163, 349—423, 1922. — 6. Balch, R. E., R. C. Clark & N. R. Brown: *Adelges piceae* (Ratz.) in Canada with reference to biological control. Proc. 10. Int. Congr. Ent. (Montreal, 1956), *4*, 807—817, 1958. — 7. Balduf, W. V.: The Bionomics of Entomophagous Insects. John Swift Co., St. Louis, Mo. 384 pp. 1939. — 8. Baldwin, W. F.: Acclimation and lethal high temperatures for a parasitic insect. Canad. J. Zool., *32*, 157— 171, 1954. — 9. Baldwin, W.F., H. G. James & H. E. Welch: A study of predators of mosquito larvae and pupae with a radio-active tracer. Canad. Entomologist, *87*, 350—356, 1955. — 10. Baldwin, W. F., & D. F. Riordan: Acclimation times in *Dahlbominus fuscipennis* (Zett.) (Hymenoptera: Chalcidoidea). Canad. J. Zool., *34*, 565—567, 1956. — 11. Baltensweiler, W., & J. P. Moreau: Ein Beitrag biologisch-systematischer Art zur Kenntnis der Gattung *Phytodietus* (Hymenoptera). Z. angew. Ent., *41*, 272—276, 1957. — 12. Baltensweiler, W.: Zur Kenntnis der Parasiten des Grauen Lärchenwicklers (*Zeiraphera griseana* Hübner) im Oberengadin. Ihre Biologie und Bedeutung während der Gradation von 1949 bis 1958. Mitt. schweiz. Anst. forstl. Vers.wesen, Zürich, *34*, 399—478, 1958. — 13. Banks, C. J.: Observations on the behaviour and mortality in Coccinellidae before dispersal from the egg shells. Proc. R. ent. Soc., London, Ser. A, *31*, 56—60, 1956. — 14. Banks, C. J.: The behaviour of individual coccinellid larvae on plants. Brit. J. Animal Behaviour, *5*, 12—24, 1957. — 15. Banks, C. J.: Effects of the ant, *Lasius niger* (L.), on the behaviour and reproduction of the black bean aphid, *Aphis fabae* Scop. Bull. ent. Res., *49*, 701—714, 1958. — 16. Benassy, C.: Influence de l'hôte dans la croissance endoparasitaire de quelques hyménoptères chalcidiens, parasite de cochenilles diaspines. Compt. rend. Acad. Sci., Paris, *246*, 179—181, 1958. — 17. Bergold, G., & W. Ripper: *Perilampus tristis* Mayr als Hyperparasit des Kieferntriebwicklers (*Rhyacionia buoliana* Schiff.) Z. Parasitenkunde, *9*, 394—417, 1937. — 18. Bess, H. A.: Investigations on the resistance of mealybugs (Homoptera) to parasitization by internal hymenopterous parasites, with special references to phagocytosis. Ann. ent. Soc. Amer., *32*, 189—226, 1939. — 19. Bess, H. A.: A measure of the influence of natural mortality factors on insect survival. Ann. ent. Soc. Amer., *38*, 472—481, 1945. — 20. Biliotti, E.: Survie des larves endophages de tachinaires à une mort prématurée de leur hôte par maladie. Compt. rend. Acad. Sci., Paris, *240*, 1021—1023, 1955. — 21. Blunck, H.: Zur Kenntnis der Hyperparasiten von *Pieris brassicae* L. I. Z. angew. Ent., *30*, 418—491, 1944. — 22. Boden-

HEIMER, F. S.: Studies on the physical ecology of the woolly apple aphid *(Eriosoma lanigerum)* and its parasite *Aphelinus mali* in Palestine. Bull. Rehovot. Agric. Res. Stat., *43*, 20 pp., 1947. — **23.** BODENHEIMER, F. S.: Citrus entomology in the Middle East with special references to Egypt, Iran, Irak, Palestine, Syria, Turkey. W. Junk, Den Haag, 663 pp. 1951. — **24.** BODENHEIMER, F. S.: Outlines of the epidemiology of agricultural pests in a subtropical climate. Proc. 9. Int. Congr. Ent. (Amsterdam, 1952), 251—253, 1953. — **25.** BOESE, G.: Der Einfluß tierischer Parasiten auf den Organismus der Insekten. Z. Parasitenkunde, *8*, 243—284, 1935. — **26.** BOSCH, R. VAN DEN, & F. H. HARAMOTO: Competition among parasites of the Oriental fruit fly. Proc. Haw. ent. Soc., *15*, 201—206, 1953. — **27.** BOVEY, P.: Beobachtungen über die letzte Lärchenwicklergradation in der Schweiz. Verh. Dtsch. Ges. angew. Ent. (Göttingen, 1957), 55—59, 1958. — **28.** BRUNETAU, J.: Recherches sur les ennemis naturels du Doryphore en Amerique. Ann. Épiphyties, Paris, *3*, 113—135, 1937. — **29.** BRUNSON, M. H.: Influence of Japanese beetle instar on the sex and population of the parasite *Tiphia popilliavora*. J. agric. Res., *57*, 379—386, 1939. — **30.** BURNETT, T.: The effect of temperature on an insect host-parasite population. Ecology, *30*, 113—134, 1949. — **31.** BURNETT, T.: Effects of temperature and host density on the rate of increase of an insect parasite. Amer. Naturalist, Lancaster (Pa.), *85*, 337—352, 1951. — **32.** BURNETT, T.: Effects of natural temperatures on oviposition of various numbers of an insect parasite (Hymenoptera, Chalcididae, Tenthredinidae). Ann. ent. Soc. Amer., *49*, 55—59, 1956. — **33.** BURNETT, T.: A model of host-parasite interaction. Proc. 10. Int. Congr. Ent. (Montreal, 1956), *2*, 679—686, 1958. — **34.** BURNETT, T.: Effect of host distribution on the reproduction of *Encarsia formosa* Gahan (Hymenoptera: Chalcidoidea). Canad. Entomologist, *90*, 179—191, 1958. — **35.** BURNETT, T.: Experimental host — parasite populations. Ann. Rev. Ent., *4*, 235—250, 1959.

36. CHABOUSSOU, F.: Contribution à l'étude biologique de *Lebia grandis* Hentz prédateur américain du Doryphore. Ann. Épiphyties, Paris, *5*, 387—433, 1939. — **37.** CLARK, C. A.: The European corn borer and its controlling factors in the Orient. US-Dept. Agric., Tech. Bull. 455, 37 pp., 1934. — **38.** CLAUSEN, C. P.: The biology of *Schizaspidia tenuicornis* Ashm., a eucharid parasite of *Camponotus*. Ann. ent. Soc. Amer., *16*, 195—217, 1923. — **39.** CLAUSEN, C. P.: The effect of host size upon the sex ratio of hymenopterous parasites and its relation to methods of rearing and colonization. J. New York ent. Soc., *47*, 1—9, 1939. — **40.** CLAUSEN, C. P.: Entomophagous Insects. McGraw-Hill Book Company Inc. 688 pp., New York and London, 1940. — **41.** CLAUSEN, C. P.: Respiratory adaptations in the immature stages of parasitic insects. Arthropoda, *1*, 197—224, 1950. — **42.** CLAUSEN, C. P.: The egg-larval host relationship among the parasitic Hymenoptera. Boll. Labor. Zool. Gen. Agr. „Filippo Silvestri", Portici, *33*, 119—133, 1954. — **43.** CLAUSEN, C. P.: Biological control of fruit flies. J. econ. Ent., *49*, 176—178, 1956. — **44.** CLAUSEN, C. P.: Biological control of insect pests in the continental United States. US-Dept. Agric., Tech. Bull. 1139, 151 pp., 1956. — **45.** CLAUSEN, C. P., & P. A. BERRY: The citrus blackfly in Asia, and the importation of its natural enemies into tropical America. US-Dept. Agric., Tech. Bull. 320, 59 pp., 1932. — **46.** CLAUSEN, C. P., H. A. JAYNES & T. R. GARDNER: Further investigations of the parasites of *Popillia japonica* in the Far East. US-Dept. Agric., Tech. Bull., 366, 58 pp., 1933. — **47.** COLLYER, E.: Biology of some predatory insects and mites associated with the fruit tree red spider mite *Metatetranychus ulmi* (Koch) in South-Eastern England. IV. The predator-mite relationship. J. hortic. Sci., London, *28*, 246—259, 1953. — **48.** CUÉNOT, L.: Études physiologiques sur les orthoptères. Arch. de Biol., *14*, 293—341, 1896.

49. DANIEL, D. M.: *Macrocentrus ancylivorus* Rohwer, a polyembryonic braconid parasite of the Oriental fruit moth. N. Y. State agric. Exp. Stat., Tech. Bull., 187, 101 pp., 1932. — **50.** DEBACH, P.: Environmental contamination by an insect parasite and the effect on host selection. Ann. Ent. Soc. Amer., *37*, 70—74, 1944. — **50 a.** DEBACH, P.: Selective breeding to improve adaptations. Proc. 10. Int. Congr. Ent. (Montreal, 1956), *4*, 759—768, 1958. — **51.** DEBACH, P., T. W. FISCHER & J. LANDI: Some effects of meteorological factors on all stages of *Aphytis lingnanensis*, a parasite of the California red scale. Ecology, *36*, 743—753, 1955. — **52.** DEBACH, P., C. A. FLESCHNER & E. J. DIETRICK: A biological check method for evaluating the effectiveness of entomophagous insects. J. econ. Ent., *44*, 763—766, 1951. — **53.** DEBACH, P., & H. S. SMITH: The effect of host density on the rate of reproduction of entomophagous parasites. J. econ. Ent., *34*, 741—745, 1941. — **54.** DELUCCHI, V.: Contribution à l'étude des Lamprotatinae (Chalcid., Pteromalidae). Lunds Univ. Årsskrift N. F., *50* (20), 1—98, 1955. — **55.** DOSSE, G.: Über die Entwicklung einiger Raubmilben bei verschiedenen Nahrungstieren (Acar., Phytoseiidae). Pflanzenschutzberichte, Wien, *16*, 122—136, 1956. — **56.** DOTEN, S. B.: Concerning the relation of food to reproductive activity and longevity in certain hymenopterous parasites. Nevada Agric. Exp. Stat., Tech. Bull., 78,

7—30, 1911. — **57.** Doutt, R. L.: Polyembryony in *Copidosoma koehleri* Blanchard. Amer. Naturalist, Lancaster (Pa.), *81,* 435—453, 1947. — **58.** Doutt, R. L.: The biology of parasitic Hymenoptera. Ann. Rev. Ent., *4,* 161—182, 1959. — **59.** Dowden, P. B.: *Rogas unicolor* (Wesm.), a braconid parasite of the satin moth. J. agric. Res., *56,* 523—536, 1938. — **60.** Drooz, A. T.: The importance of *Mesoleius tenthredinis* Mor., a parasite of the larch sawfly, in New York State. J. econ. Ent., *50,* 212, 1957. — **61.** Dunn, J. A.: The effect of temperature on the pea aphid — ladybird relationship. 2. Rept. nat. Veg. Res. Sta., 21—23, 1950/51.

62. Ehrenhardt, H.: Untersuchungen über den Einfluß der Zehrwespe *Aphelinus mali* auf den Massenwechsel der Blutlaus. Arb. physiol. angew. Ent., Berlin, *7,* 1—41, 1940. — **63.** Escherich, K.: Die Forstinsekten Mitteleuropas, *V,* Paul Parey, Berlin, 746 pp., 1942. — **64.** Evenhuis, H. H.: Ecological investigations on the woolly aphid, *Eriosoma lanigerum* (Hausm.), and its parasite *Aphelinus mali* (Hald.) in the Netherlands. Tijdschr. Plantenziekten, *64,* 103 pp., 1958.

65. Finlayson, L. H.: Host preferences of *Cephalonomia waterstoni* Gahan, a bethylid parasitoid of *Laemophloeus* species. Behaviour, *2,* 275—316, 1950. — **66.** Finlayson, L. R., & T. Finlayson: Influence of adult food on viability of early stages of *Aptesis basizonia* (Grav.) (Hymenoptera: Ichneumonidae), a parasite of pine sawflies (Diprionidae). Canad. Entomologist, *89,* 507—509, 1957. — **67.** Finlayson, L. R., & T. Finlayson: Notes on parasites of Diprionidae in Europe and Japan and their establishment in Canada on *Diprion hercyniae* (Htg.) (Hymenoptera: Diprionidae). Canad. Entomologist, *90,* 557—563, 1958. — **68.** Finlayson, L. R., & T. Green: A note on the effect of certain foods upon fecundity and longevity in *Microcryptus basizonius* Grav. (Hymenoptera). Canad. Entomologist, *72,* 236—238, 1940. — **69.** Fiske, W. F.: Superparasitism: An important factor in the natural control of insects. J. econ. Ent., *3,* 88—97, 1910. — **70.** Fiske, W. F.: Parasites of the gipsy and brown-tail moths introduced into Massachusetts. Boston, 1910. — **71.** Flanders, S. E.: An apparent correlation between the feeding habits of certain pteromalids and the condition of their ovarian follicles. Ann. Ent. Soc. Amer., *28,* 438—444, 1935. — **72.** Flanders, S. E.: Effect of host density on parasitism. J. econ. Ent., *28,* 898—900, 1935. — **73.** Flanders, S. E.: Host influence on the prolificacy and size of *Trichogramma.* Pan-Pacific Ent., *11,* 175—177, 1935. — **74.** Flanders, S. E.: A biological phenomenon affecting the establishment of Aphelinidae as parasites. Ann. ent. Soc. Amer., *29,* 251—255, 1936. — **75.** Flanders, S. E.: Habitat selection by *Trichogramma.* Ann. ent. Soc. Amer., *30,* 208—210, 1937. — **76.** Flanders, S. E.: Ovipositional instincts and developmental sex differences in the genus *Coccophagus.* Calif. Univ. Publ. Ent., *6,* 401—422, 1937. — **77.** Flanders, S. E.: Starvation of developing parasites as an explanation of immunity. J. econ. Ent., *30,* 970, 1938. — **78.** Flanders, S. E.: Cocoon formation in endoparasitic chalcidoids. Ann. ent. Soc. Amer., *31,* 167—180, 1938. — **79.** Flanders, S. E.: Environmental resistance to the establishment of parasitic Hymenoptera. Ann. Ent. Soc. Amer., *33,* 245—253, 1940. — **80.** Flanders, S. E.: *Metaphycus helvolus,* an encyrtid parasite of the black scale. J. econ. Ent., *35,* 690—698, 1942. — **81.** Flanders, S. E.: Oosorption and ovulation in relation to oviposition in the parasitic Hymenoptera. Ann. Ent. Soc. Amer., *35,* 251—266, 1942. — **82.** Flanders, S. E.: Sex ratio in the Hymenoptera: A function of the environment. Ecology, *23,* 120—121, 1942. — **83.** Flanders, S. E.: The Argentine ant versus the parasites of the black scale. Calif. Citrogr., *28,* 117, 128, 137, 1943. — **84.** Flanders, S. E.: The bisexuality of uniparental Hymenoptera, a function of the environment. Amer. Naturalist, Lancaster (Pa.), *79,* 122—141, 1944. — **85.** Flanders, S. E.: The role of the spermatophore in the mass propagation of *Macrocentrus ancylivorus.* J. econ. Ent., *38,* 323—327, 1945. — **86.** Flanders, S. E.: Control of sex and sex-limited polymorphism in the Hymenoptera. Quart. Rev. Biol., Baltimore, *21,* 135—143, 1946. — **87.** Flanders, S. E.: Elements of host discovery as exemplified by the parasitic Hymenoptera. Ecology, *28,* 299—309, 1947. — **88.** Flanders, S. E.: Regulation of ovulation and egg disposal in the parasitic Hymenoptera. Canad. Entomologist, *82,* 134—140, 1950. — **89.** Flanders, S. E.: The role of the ant in the biological control of homopterous insects. Canad. Entomologist, *83,* 93—98, 1951. — **90.** Flanders, S. E.: Aphelinid biologies with implications for taxonomy. Ann. ent. Soc. Amer., *46,* 84—94, 1953. — **91.** Flanders, S. E.: Variations in susceptibility of citrus-infesting coccids to parasitization. J. econ. Ent., *46,* 266—269, 1953. — **92.** Flanders, S. E.: Predatism by the adult hymenopterous parasite and its role in biological control. J. econ. Ent., *46,* 541—544, 1953. — **93.** Flanders, S. E.: Principles and practices of biological control. Unpubl., 1955. — **94.** Flanders, S. E.: The mechanisms of sex-ratio regulation in the (parasitic) Hymenoptera. Ins. Sociaux, *3,* 325—334, 1956. — **95.** Flanders, S. E.: The role of the ant in the biological control of scale insects in California. Proc. 10. Int. Congr. Ent. (Montreal, 1956), *4,* 579—584, 1958. — **96.** Flanders, S. E.: Differential host

relations of the sexes in parasitic Hymenoptera. Ent. exp. & appl., *2*, 125—142, 1959. — **97.** Flanders, S. E.: The employment of exotic entomophagous insects in pest control. J. econ. Ent., *52*, 71—75, 1959. — **98.** Fleschner, C. A.: Studies on searching capacity of the larvae of three predators of the citrus red mite. Hilgardia, Berkeley, *20*, 233—265, 1950. — **99.** Franz, J.: Observations on collecting parasites of *Cacoecia histrionana* (Froel.) (Lep., Tortricidae). Bull. ent. Res., *43*, 1—19, 1952. — **100.** Franz, J.: Zum Vorkommen und Massenwechsel der Tannenstammlaus *Adelges (Dreyfusia) piceae* (Ratz.) in Nordamerika und Europa. Verh. Deutsch. Ges. angew. Ent. (Frankfurt, 1952), 117—124, 1954. — **101.** Franz, J.: Studies on *Laricobius erichsonii* Rosenh. (Coleoptera: Derodontidae) a predator on chermesids. Entomophaga, *3*, 109—196, 1958. — **102.** Franz, J.: Unpublizierte Beobachtung.

103. Geier, P., & M. Baggiolini: Quelques observations sur la biologie de *Pericerya purchasi* Mask. au Tessin (Homopt. Margaroid.). Mitt. schweiz. ent. Ges., *23*, 104—116, 1950. — **104.** Ghesquière, J.: Les possibilités de l'Afrique noire dans l'approvisionnement international en entomophages. Union Int. Sci. Biol., Ser. B., No. 5: Les bases scientifiques d'une organisation internationale pour la lutte biologique, Paris, 93—101, 1949. — **105.** Ghesquière, J.: Nouvelles observations sur l'acclimatation de la coccinelle *Cryptolaemus montrouzieri* en France. (Coléoptère, Scymninae.) Congr. Prot. Vég. sous les climats chauds. 4 pp., 1954. — **106.** Gleiss, H. G. W.: Eiablage der Raupenfliege *Meigenia mutabilis* Fall. (Dipt., Larvaevoridae) an Larven des Kartoffelkäfers (*Leptinotarsa decemlineata* Say). Nachrbl. dtsch. Pflschutzd. (Berlin), *9*, 25—28, 1955. — **107.** Gösswald, K.: Die Rote Waldameise im Dienste der Waldhygiene. Forstwirtschaftliche Bedeutung, Nutzung, Lebensweise, Zucht, Vermehrung und Schutz. Metta Kienau Verlag, Wolf u. Täuber, Lüneburg, 160 pp., 1952. — **108.** Gösswald, K., & K. Bier: Beeinflussung des Geschlechtsverhältnisses durch Temperatureinwirkung bei *Formica rufa* L. Naturwissenschaften, *42*, 133—134, 1955. — **109.** Graham, A. R.: Developments in the control of the larch casebearer, *Coleophora laricella* (Hbn.). Ann. Rept. Ent. Soc. Ont., *79* (1948), 45—50, 1949. — **110.** Graham, K., & M. L. Prebble: Studies of the lecanium scale, *Eulecanium coryli* (L.), and its parasite, *Blastothrix sericea* (Dalm.), in British Columbia. Canad. Entomologist, *85*, 153—181, 1953. — **111.** Griswold, G. H.: Notes on some feeding habits of two chalcid parasites. Ann. ent. Soc. Amer., *19*, 331—334, 1926. — **112.** Grosch, D. S.: Growth of *Habrobracon*. Growth, *12*, 243—254, 1948. — **113.** Györfi, J.: Die Gradation der Schlupfwespen. Erdészeti Kísérletek, *49*, 1—28, 1949 (Orig. ungarisch). — **114.** Györfi, J.: Die in den Maikäfer- und anderen Blatthornkäferlarven schmarotzenden Wespen. Acta Zool. Hung., *1*, 235—243, 1955.

115. Hafez, M.: Notes on the introduction and biology of *Microplitis demolitor* Wilk. (Hymenoptera: Braconidae). Bull. Soc. Fouad Ier Ent., *35*, 107—121, 1951. — **116.** Hagen, K. S.: Fecundity of *Chrysopa californica* as affected by synthetic foods. J. econ. Ent., *43*, 101—104, 1950. — **117.** Hardy, J. E.: Natural control of *Diprion similis* Htg., in Poland during 1936. Bull. ent. Res., *30*, 237—246, 1939. — **118.** Hase, A.: Biologie der Schlupfwespe *Habrobracon brevicornis* (Wesmael) (Braconidae). Arb. Biol. Reichsanst., *11*, 95—168, 1922. — **119.** Haviland, M. D.: On the larval development of *Dacnusa areolaris* Nees (Braconidae), a parasite of Phytomyzinae (Diptera), with a note on certain chalcid parasites of phytomyzids. Parasitology, *14*, 167—173, 1922. — **120.** Henderson, C. F.: Parasitization of the beet leafhopper in relation to its dissemination in Southern Idaho. US-Dept. Agric., Circ. 968, 16 pp., 1955. — **121.** Hodek, I.: The influence of *Aphis sambuci* L. as food for *Coccinella 7-punctata* L. II. Acta Soc. Ent. Čech., *54*, 10—17, 1957 (Orig. tschechisch). — **122.** Holdaway, F. G., & H. F. Smith: A relation between size of host puparia and sex ratio of *Alysia manducator* Pantzer. Austr. J. exp. Biol., med. Sci., *10*, 247—259, 1932. — **123.** Holling, C. S.: The selection by certain small mammals of dead, parasitized, and healthy prepupae of the European pine sawfly, *Neodiprion sertifer* (Geoffr.). Canad. J. Zool., *33*, 404—419, 1955. — **123 a.** Holling, C. S.: Some characteristics of simple types of predation and parasitism. Canad. Entomologist, *91*, 385—398, 1959. — **124.** Hopkins, A. D.: Economic investigations of the scolytid bark and timber beetles of North America. USDA Program of Work for 1917, 353 pp., 1916. — **125.** House, H. L.: The nutrition of insects with particular reference to entomophagous parasites. Proc. 10. Int. Congr. Ent. (Montreal, 1956), *2*, 139—143, 1958. — **126.** Howard, L. O.: Insect parasites of insects. Proc. ent. Soc. Wash., *26*, 27—46, 1924. — **127.** Howard, L. O., & W. F. Fiske: The importation into the United States of the parasites of the gipsy moth and brown-tail moth. US-Dept. Agric. Bur. Ent., Bull. 91, 1911. — **128.** Huffaker, C. B.: Experimental studies on predation: dispersion factors and predator-prey oscillations. Hilgardia, Berkeley, *27*, 343—383, 1958. — **129.** Huffaker, C. B., & C. E. Kennett: Experimental studies on predation: predation and cyclamen-mite populations on strawberries in California. Hilgardia, Berkeley, *26*, 191—222, 1956.

130. Imms, A. D.: Recent Advances in Entomology. II. London, 1937. — **131.** Iyatomi, K.: Effect of superparasitism on reproduction of *Trichogramma japonicum* Ashm. Proc. 10. Int. Congr. Ent. (Montreal, 1956), *4*, 897—900, 1958.

132. Jepson, W. F.: Entom. Division. Rep. Dept. Agric. Mauritius (1938), 40—51, 1939.

134. Klomp, H.: Over het aantal generaties, de gastheerwisseling en de overwintering van *Trichogramma embryophagum* Htg. Ent. Ber., Amsterdam, *16*, 117—120, 1956.

134 a. Labeyrie, V.: Contribution à l'étude de la dynamique des populations d'insectes. I. Influence stimulatrice de l'hôte (*Acrolepia assectella* Z.) sur la multiplication d'un hyménoptère *Ichneumonidae (Diadromus* sp.). Thesis Sc. Nat., Paris, No. 4279, Librairie Le François, 194 pp., 1960. — **135.** Laing, J.: Host finding by insect parasites. I. J. Anim. Ecol., *6*, 298—317, 1937. — **136.** Laing, J.: Host-finding by insect parasites. II. J. exp. Biol., *15*, 281—302, 1938. — **137.** Landis, B. J., & N. F. Howard: *Paradexodes epilachnae*, a tachinid parasite of the Mexican bean beetle. US-Dept. Agric., Techn. Bull. *721*, 32 pp., 1940. — **138.** Larčenko, K.: Die Unempfänglichkeit der Raupen von *Loxostege sticticalis* L. und *Pieris brassicae* L. gegen Parasiten. Z. Parasitenkunde, *5*, 679—707, 1932. — **139.** Lloyd, D. C.: A study of some factors governing the choice of hosts and distribution of progeny of the chalcid *Ooencyrtus kuvanae* Howard. Biol. Sci., Ser. B, No. 561, *229*, 275—322, 1938. — **140.** Lloyd, D. C.: Studies of parasite oviposition behaviour. I. *Mastrus carpocapsae* Cushman. (Hymenoptera: Ichneumonidae). Canad. Entomologist, *88*, 80—89, 1956. — **141.** Lloyd, D. C.: Studies of parasite oviposition behaviour. II. *Leptomastix dactylopii* Howard (Hymenoptera, Encyrtidae). Canad. Entomologist, *90*, 450—461, 1958.

142. Maercks, H.: Der Einfluß von Temperatur und Luftfeuchtigkeit auf die Embryonalentwicklung der Mehlmottenschlupfwespe *Habrobracon juglandis* Ashm. Arb. Biol. Reichsanst., *20*, 347—390, 1933. — **143.** Marchal, P.: Les Trichogrammes. Ann. Epiphyties, Paris, *2*, 447—550, 1936. — **144.** Mayer, K., & W. Quednau: Verhaltensänderungen bei Eiparasiten der Gattung *Trichogramma* unter dem Einfluß des Wirtes. Z. Parasitenkunde, *19*, 35—41, 1959. — **145.** Mayné, R., & R. Breny: *Picromerus bidens* L. La vie larvaire au premier âge. Parasitica, *3*, 1—20, 1948. — **146.** McGugan, B. M.: Certain host-parasite relationships involving the spruce budworm. Canad. Entomologist, *87*, 178—187, 1955. — **147.** Mellanby, K.: The functions of insect blood. Biol. Revs. Cambridge Phil. Soc., *14*, 243—260, 1939. — **148.** Mesnil, L. P.: Considerations of the use of polyvalent parasites or predators in biological control. Trans. 1. Conf. Ins. Path. Biol. Contr. (Praha, 1958), 427—440, 1959. — **149.** Meyer, N. F.: Über die Immunität einiger Raupen ihren Parasiten, den Schlupfwespen gegenüber. Z. angew. Ent., *12*, 376—384, 1927. — **150.** Milne, A.: The natural control of insect populations. Canad. Entomologist, *89*, 193—213, 1957. — **151.** Milne, A.: Perfect and imperfect density dependence in population dynamics. Nature, *182*, 1251—1252, 1958. — **152.** Monteith, L. G.: Host preferences of *Drino bohemica* Mesn. (Diptera: Tachinidae), with particular reference to olfactory responses. Canad. Entomologist, *87*, 509—530, 1955. — **153.** Monteith, L. G.: Adaptability of entomophagous insects to environmental changes. Proc. 10. Int. Congr. Ent. (Montreal, 1956), *4*, 769, 1958. — **154.** Morris, R. F.: The interpretation of mortality data in studies on population dynamics. Canad. Entomologist, *89*, 49—69, 1957. — **155.** Muesebeck, C. F. W.: *Monodontomerus aereus* Walker, both a primary and a secondary parasite of the brown-tail moth and the gipsy moth. J. agric. Res., *43*, 445—460, 1931. — **156.** Muesebeck, C. F. W., & S. M. Dohanian: A study in hyperparasitism, with particular reference to the parasites of *Apanteles melanoscelus* (Ratzeburg). US-Dept. Agric. Bull. 1487, 1927. — **157.** Muesebeck, C. F. W., & D. L. Parker: *Hyposoter dispar* Viereck, an introduced ichneumonid parasite of the gipsy moth. J. agric. Res., *46*, 335—347, 1933. — **158.** Muir, F., in F. X. Williams: Handbook of the Insects and other Invertebrates of Hawaiian Sugar Cane Fields. Honolulu, 1931. — **159.** Muir, R. C.: On the application of the capture-recapture method to an orchard population of *Blepharidopterus angulatus* (Fall.) (Hemiptera-Heteroptera, Miridae). Ann. Rep. East Malling Res. Sta., 140—147 (1957), 1958. — **160.** Muldrew, J. A.: The natural immunity of the larch sawfly (*Pristiphora erichsonii* [Htg.]) to the introduced parasite *Mesoleius tenthredinis* Morley, in Manitoba and Saskatchewan. Canad. J. Zool., *31*, 313—332, 1953. — **161.** Muldrew, J. A.: Parasites and insect predators of the larch sawfly. Canad. Entomologist, *87*, 117—120, 1955. — **162.** Müller, H.: Der Massenwechsel einiger Honigtau liefernden Baumläuse im Jahre 1954. Ins. Sociaux, *3*, 75—91, 1956. — **163.** Müller, H.: Können Honigtau liefernde Baumläuse *(Lachnidae)* ihre Wirtspflanzen schädigen? Z. angew. Ent., *39*, 168—177, 1956.

164. Nagy, B.: Untersuchungen an *Arma custos* F. (Heteropt. Pentatomidae) einem Nachsteller der Raupen von *Hyphantria cunea* Drury. Ann. Inst. Prot. Plant. Hung., *7*,

191—226 (1954—1956), 1957, (Orig. ungarisch). — **165.** Narayanan, E. S., & P. B. Mookherjee: Effect of nutrition on the longevity and rate of reproduction in *Trichogramma evanescens minutum* Riley (Chalcidoidea: Hymenoptera). Indian J. Ent., *17*, 376—382, 1955. — **166.** Narayanan, E. S., & B. R. Subba Rao: Studies in insect parasitism. I—III. The effect of different hosts on the physiology, on the development and behaviour and on the sex-ratio of *Microbracon gelechiae* Ashmead (Hymenoptera: Braconidae). Beitr. Ent., Berlin, *5*, 36—60, 1955. — **167.** Nicholson, A. J.: The balance of animal populations. J. Anim. Ecol., *2*, 132—178, 1933. — **168.** Niklas, O. F.: Die Erzwespe *Tetracampe diprioni* Ferrière als Eiparasit der Kiefernblattwespe *Neodiprion sertifer* (Geoffr.). Beitr. Ent., Berlin, *6*, 320—332, 1956. — **169.** Niklas, O. F.: Die Buckelfliege *Megaselia rufipes* Meig. als Parasit bei Maikäferengerlingen und -puppen (*Melolontha* spec.) (Diptera: Phoridae — Coleoptera: Scarabaeidae). Nachrbl. dtsch. Pflschutzd., Braunschweig, *9*, 33—36, 1957. — **170.** Nixon, G. E. J.: The association of ants with aphids and coccids. Commonw. Inst. Ent., London, 36 pp., 1951.

171. Ohgushi, R.: Studies on the host selection by parasitic wasps, *Anicetus beneficus* and its related species. IV. Individual variation in host selection. Zool. Mag. Tokyo, *66*, 319—322, 1957 (Orig. japanisch).

172. Paillot, A.: On the natural equilibrium of *Pyrausta nubilalis* Hb. Intern. Corn Borer Invest., *1*, 77—106, 1928. — **173.** Pantel, J.: Recherches sur les diptères à larves entomobies. I. Caractères parasitiques aux points de vue biologiques, éthologiques et histologiques. Cellule, *26*, 27—216, 1910. — **174.** Parsons, F. S., & G. C. Ullyett: Investigations on *Trichogramma lutea*, Gir., as a parasite of the cotton bollworm, *Heliothis obsoleta*, Fabr. Bull. ent. Res., *27*, 219—235, 1936. — **176.** Pemberton, C. E.: History of the Entomology Department Experiment Station, H. S. P. A. 1904—1945. The Hawaiian Planters' Record, *52*, 53—90, 1948. — **177.** Pemberton, C. E., & H. F. Willard: A contribution to the biology of fruit-fly parasites in Hawaii. J. agric. Res., *15*, 419—465, 1918. — **178.** Pielou, D. P., & R. F. Glasser: Survival of *Macrocentrus ancylivorus* Roh., a parasite of the Oriental fruit moth, on different concentrations of various sugar solutions. Canad. J. Zool., *31*, 121—124, 1953. — **179.** Pielou, D. P., & R. F. Glasser: Thermal tolerance in *Macrocentrus ancylivorus* Roh. (Hymenoptera: Braconidae). Canad. J. Zool., *32*, 30—38, 1954. — **180.** Pschorn-Walcher, H.: Probleme der Wirtswahl parasitischer Insekten. 8. Wandervers. Deutsch. Entom. (München, 1957) 79—85, 1957. — **181.** Pschorn-Walcher, H., & H. Zwölfer: The predator complex of the white-fir woolly aphids (genus *Dreyfusia*, Adelgidae). Z. angew. Ent., *39*, 63—75, 1956. — **182.** Putman, Wm. L.: Laboratory studies on the food of some coccinellids (Coleoptera) found in Ontario peach orchards. Canad. Entomologist, *89*, 572—579, 1957. — **183.** Puttler, B.: Partial immunity of *Laphygma exigua* (Hübner) to the parasite *Hyposoter exiguae* (Viereck). J. econ. Ent., *52*, 327—329, 1959.

184. Quednau, W.: Über einige neue *Trichogramma*-Wirte und ihre Stellung im Wirt-Parasit-Verhältnis. Ein Beitrag zur Analyse des Parasitismus bei Schlupfwespen. Nachrbl. dtsch. Pflschutzd., Braunschw., *7*, 145—148, 1955. — **185.** Quednau, W.: Die biologischen Kriterien zur Unterscheidung von *Trichogramma*-Arten. Z. Pflkrankh., *63*, 333—344, 1956. — **186.** Quednau, W.: Der vollständige Parasitismus bei *Trichogramma* als biologisches Phänomen (Hymenoptera Chalcididae). Z. Parasitenkde., *17*, 360—364, 1956. — **187.** Quednau, W.: Über den Einfluß von Temperatur und Luftfeuchtigkeit auf den Eiparasiten *Trichogramma cacoeciae* Marchal (Eine biometrische Studie). Mitt. Biol. Bundesanst., Berlin-Dahlem (90), 1—63, 1957. — **188.** Quednau, W.: Über einige Orientierungsweisen des Eiparasiten *Trichogramma* (Hym. Chalcididae) auf Grund von Licht- und Schwerereizen. Anz. Schädlkde., *31*, 83—85, 1958. — **189.** Quednau, W.: Über eine Methode zur Messung von Biozönose-Einflüssen unter Verwendung von Eiparasiten der Gattung *Trichogramma* (Hym. Chalcididae). Z. Pflkrankh., *66*, 77—86, 1959.

190. Reeks, W. A.: The establishment of introduced parasites of the European spruce sawfly (*Diprion hercyniae* [Htg.]) (Hymenoptera: Diprionidae) in the Maritime provinces. Canad. J. Agr. Sci., *33*, 405—429, 1953. — **191.** Reeks, W. A.: An outbreak of the larch sawfly (*Pristiphora erichsonii* [Htg.]) in the Maritime provinces (Hymenoptera: Tenthredinidae) and the role of parasites in its control. Canad. Entomologist, *86*, 471—480, 1954. — **192.** Rice, P. L.: A study of the insect enemies of the San José scale (*Aspidiotus perniciosus* Comstock) with special reference to *Prospaltella perniciosi* Tower. Ohio State Univ. Abs. Doctor's Diss., *24*, 267—278, 1937. — **193.** Rosen, H. v.: Untersuchungen über drei auf Getreide vorkommende Erzwespen und über die Bedeutung, die zwei von ihnen als Vertilger von Wiesenzirpeneiern haben. Kungl. Lantbr. Ann., *23*, 1—72, 1956. — **194.** Rubcov, I. A.: The theoretical basis of the distribution of harmful insects and of predictions as to their mass multiplication. I. Conception of plasticity, its role in the dynamics of

the abundance of insects and methods of studying it. Plant Protect., Leningrad (14), 3—13, 1937 (Orig. russisch). — **195.** Rubcov, I. A.: *Lindorus* — an effective predator of Diaspine scales. Rev. Ent. URSS, *32*, 96—106, 1952 (Orig. russisch).

196. Salt, G.: Superparasitism by *Collyria calcitrator* Grav. (with an appendix by R. H. Stoy). Bull. ent. Res., *23*, 211—216, 1932. — **197.** Salt, G.: Experimental studies in insect parasitism. II. Superparasitism. Proc. R. ent. Soc., London, Ser. B., *114*, 450—476, 1934. — **198.** Salt, G.: Experimental studies in insect parasitism. III. Host selection. Proc. Roy. Soc. B., *117*, 413—435, 1935. — **199.** Salt, G.: Experimental studies in insect parasitism. IV. The effect of superparasitism on populations of *Trichogramma evanescens*. J. exp. Biol., *13*, 363—375, 1936. — **200.** Salt, G.: Experimental studies in insect parasitism. V. The sense used by *Trichogramma* to distinguish between parasitized and unparasitized hosts. Proc. Roy Soc. B., *122*, 57—75, 1937. — **201.** Salt, G.: Experimental studies in insect parasitism. VI. Host suitability. Bull. ent. Res., *29*, 223—246, 1938. — **202.** Šapiro, V. A.: Influence of the food rations of the host on the development of certain insect parasites. J. gen. Biol. (Moscow), *17*, 218—228, 1956 (Orig. russisch). — **203.** Ščepetil'nikova, V. A.: Über Gesetzmäßigkeiten, die die Wirksamkeit der Entomophagen bestimmen. J. gen. Biol. (Moscow), *18*, 381—394, (Orig. russisch). — **204.** Schmutterer, H.: Die Honigtauerzeuger Mitteleuropas. Z. angew. Ent., *42*, 409—419, 1958. — **205.** Schneider, F.: Ein Vergleich von Urwald und Monokultur in bezug auf ihre Gefährdung durch phytophage Insekten auf Grund einiger Beobachtungen an der Ostküste von Sumatra. Schweiz. Z. Forstwesen, *90*, 41—55, 82—89, 1939. — **206.** Schneider, F.: Eientwicklung und Eiresorption in den Ovarien des Puppenparasiten *Brachyneura euploeae* Westw. (Chalcididae). Z. angew. Ent., *28*, 211—228, 1941. — **207.** Schneider, F.: Die Abwehrreaktion des Insektenblutes und ihre Beeinflussung durch die Parasiten. Vierteljahresschr. Naturforsch. Ges., Zürich, *95*, 22—44, 1950. — **208.** Schneider, F.: Die Entwicklung des Syrphidenparasiten *Diplazon fissorius* Grav. (Hym. Ichneum.) in uni-, oligo- und polyvoltinen Wirten und sein Verhalten bei parasitärer Aktivierung der Diapauselarven durch *Diplazon pectoratorius* Grav. Mitt. schweiz. ent. Ges., *23*, 155—194, 1950. — **209.** Schneider, F.: Einige physiologische Beziehungen zwischen Syrphidenlarven und ihren Parasiten. Z. angew. Ent., *33*, 150—162, 1952. — **210.** Schneider, F.: Epidemiologie einiger Gambir-Insekten auf Sumatra. Proc. 9. Int. Congr. Ent. (Amsterdam, 1952), *2*, 266—271, 1953. — **211.** Schneider, F.: Künstliche Blumen zum Nachweis von Winterquartieren, Futterpflanzen und Tageswanderungen von *Lasiopticus pyrastri* (L.) und andern Schwebfliegen (Syrphidae Dipt.). Mitt. schweiz. ent. Ges. *31*, 1—24, 1958. — **212.** Schulze, H.: Über die Fruchtbarkeit der Schlupfwespe *Trichogramma evanescens* Westw. Z. Morph. Ökol. Tiere, *6*, 553—585, 1926. — **213.** Schütte, F.: Untersuchungen über die Populationsdynamik des Eichenwicklers (*Tortrix viridana* L.). Z. angew. Ent., *40*, 1—36, 285—331, 1957. — **214.** Schwenke, W.: Besprechung von Braun, H., & E. Riehm in Beitr. Ent., Berlin, *8*, 222, 1958. — **214 a.** Schwenke, W.: Über ungewöhnliche Verlängerungen der Entwicklungszeit endoparasitischer Hymenopteren und Dipteren und ihre Bedeutung für die biologische Bekämpfung. Trans. 1. Int. Conf. Ins. Path. Biol. Contr. (Praha, 1958), 487—490. — **215.** Schwerdtfeger, F.: Grundsätzliches zur Populationsdynamik der Tiere, insbesondere der Insekten. Allg. Forst-, Jagd-Ztg., *125*, 200—209, 1954. — **216.** Seamans, H. L.: Forecasting outbreaks of the pale western cutworm (*Agrotis orthogonia* Morr.). J. econ. Ent., *28*, 425—428, 1935. — **217.** Sekhar, P. S.: Mating, oviposition, and discrimination of hosts by *Aphidius testaceipes* (Cresson) and *Praon aguti* Smith, primary parasites of aphids. Ann. ent. Soc. Amer., *50*, 370—375, 1957. — **218.** Silvestri, F.: Insect polyembryony and its general biological aspects. Harvard Univ., Mus. Compar. Zool. Bull., *81*, 469—498, 1937. — **219.** Simmonds, H. W.: Problems in biological control. The gap in the sequence of generations in *Artona catoxantha*, the coconut leaf moth in Malaya. Trop. Agric. Trinidad, *7*, 215— 219, 1930. — **220.** Simmonds, F. J.: The propagation of insect parasites on unnatural hosts. Bull. ent. Res., *35*, 219—226, 1944. — **221.** Simmonds, F. J.: The biology of the parasites of *Loxostege sticticalis* L. in North America — *Meteorus loxostegei* Vier. (Braconidae, Meteorinae). Bull. ent. Res., *38*, 373—379, 1947. — **222.** Simmonds, F. J.: The biology of parasites of *Loxostege sticticalis* L. in North America. IV. *Cryptus inornatus* Pratt (Ichneumonidae, Cryptinae). Proc. R. ent. Soc., London, Ser. A, *23*, 71—79, 1948. — **223.** Simmonds, F. J.: Inter-relationship of the parasites of the frit-fly, *Oscinella frit* (L.), in eastern North America. Bull. ent. Res., *44*, 387—393, 1953. — **224.** Simmonds, F. J.: Host finding and selection by *Spalangia drosophilae* Ashm. Bull. ent. Res., *45*, 527—537, 1954. — **225.** Simmonds, F. J.: Superparasitism by *Spalangia drosophilae* Ashm. Bull. ent. Res., *47*, 361—376, 1956. — **226.** Simmonds, F. J.: The effect of lizards on the biological control of scale insects in Bermuda. Bull. ent. Res., *49*, 601—612, 1958. — **227.** Smith, H. D.: A report on the biological control of the citrus blackfly in Mexico (1953). Unpubl. Bericht. — **228.** Smith,

H. S.: An attempt to redefine the host relationships exhibited by entomophagous insects. J. econ. Ent., *9*, 477—486, 1916. — **229.** Smith, H. S.: Multiple parasitism: its relation to the biological control of insect pests. Bull. ent. Res., *20*, 141—149, 1929. — **230.** Smith, H. S.: Review of „The biological control of insects" by H. L. Sweetman. J. econ. Ent., *30*, 218—220, 1937. — **231.** Smith, H. S.: Insect populations in relation to biological control. Ecol. Monogr., *9*, 311—320, 1939. — **232.** Smith, H. S., & H. Compere: A preliminary report on the insect parasites of the black scale, *Saissetia oleae* (Bern.). Calif. Univ., Publ., Ent., *4*, 231—334, 1928. — **233.** Smith, J. M.: Effects of the food plant of California red scale, *Aonidiella aurantii* (Mask.) on reproduction of its hymenopterous parasites. Canad. Entomologist, *89*, 219—230, 1957. — **234.** Solomon, M. E.: The natural control of animal populations. J. Anim. Ecol., *18*, 1—35, 1949. — **235.** Solomon, M. E.: Meaning of density-dependence and related terms in population dynamics. Nature, *181*, 1778—1781, 1958. — **236.** Speyer, W.: Entomologie. Mit besonderer Berücksichtigung der Biologie, Ökologie und Gradationslehre der Insekten. Wiss. Forschungsber. Naturwiss. Reihe, *43*, 1—194, 1937. — **237.** Stellwaag, F.: Die Schmarotzerwespen (Schlupfwespen) als Parasiten. Monogr. angew. Ent., *6*, 1921. — **238.** Steyn, J. J.: The effect of the cosmopolitian brown house ant (*Pheidole megacephala* F.) on citrus red scale (*Aonidiella aurantii* Mask.) at Letaba. J. ent. Soc. S. Afr., *17*, 252—264, 1954. — **239.** Steyn, J. J.: The effect of mixed ant populations on red scale (*Aonidiella aurantii* Mask.) on citrus at Letaba. J. ent. Soc. S. Afr., *18*, 93—105, 1955. — **240.** Sweetman, H. L.: Successful biological control against animals. Proc. 10 Int. Congr. Ent. (Montreal, 1956), *4*, 449—459, 1958. — **241.** Sweetman, H. L.: The Principles of Biological Control. Wm. C. Brown Comp., Dubuque, Iowa, 560 pp., 1958. — **242.** Swezey, O. H.: Biological control of the sugar cane leafhopper in Hawaii. Hawaii. Sugar Planters' Assoc. Expt. Sta., Bul. Ent. Ser., *21*, 57—101, 1936. — **243.** Swiecimski, J.: The role of sight and memory in food capture by predatory beetles of the species *Cicindela hybrida* L. (Coleoptera, Cicindelidae). Bull. Ent. Pologne, *26*, 205—232, 1957.

244. Taylor, T. H. C.: The campaign against *Aspidiotus destructor*, Sign., in Fiji. Bull. ent. Res., *26*, 1—102, 1935. — **245.** Taylor, T. H. C.: The biological control of an insect in Fiji. An account of the coconut leaf-mining beetle and its parasite complex. Imp. Inst. Entom., London, 239 pp., 1937. — **246.** Telenga, N. A.: *Trichogramma evanescens* Westw. and *T. pallida* Meyer (Hymenoptera, Trichogrammatidae) and their employment for destroying pest insects in the USSR. Rev. Ent. URSS, *35*, 599—610, 1956 (Orig. russisch). — **247.** Thalenhorst, W.: Die Koinzidenz als gradologisches Problem. Eine synökologische Studie. Z. angew. Ent., *32*, 1—48, 1950. — **248.** Thalenhorst, W.: Vergleichende Betrachtungen über den Massenwechsel der Kiefernbuschhornblattwespen. Z. angew. Ent., *35*, 168—182, 1954. — **249.** Thompson, W. R.: A criticism of the „sequence" theory of parasitic control. Ann. ent. Soc. Amer., *16*, 115—128, 1923. — **250.** Thompson, W. R.: A contribution to the study of the dipterous parasites of the European earwig, *Forficula auricularia* L., Parasitology, *20*, 123—156, 1928. — **251.** Thompson, W. R.: On natural control. Parasitology, *21*, 269—281, 1929. — **252.** Thompson, W. R.: On the relative value of parasites and predators in the biological control of insect pests. Bull. ent. Res., *19*, 343—350, 1929. — **253.** Thompson, W. R.: Reactions of the phagocytes of arthropods to their internal insect parasites. Nature, *125*, 565—566, 1930. — **254.** Thompson, W. R.: A catalogue of the parasites and predators of insect pests. Belleville, Ont., Commonw. Inst., Biol. Contr., seit 1943 (multigraph.) — **255.** Thompson, W. R.: The specificity of host relations in predacious insects. Canad. Entomologist, *83*, 262—269, 1951. — **256.** Thompson, W. R.: Mortality factors acting in a sequence. Canad. Entomologist, *87*, 264—275, 1955. — **257.** Thompson, W. R., & H. L. Parker: The problem of host relations with special reference to entomophagous parasites. Parasitology, *19*, 1—34, 1927. — **258.** Thorpe, W. H.: The biology, post-embryonic development, and economic importance of *Cryptochaetum iceryae* (Diptera, Agromyzidae), parasitic on *Icerya purchasi*. Proc. zool. Soc., London (1930), 929—971, 1931. — **259.** Thorpe, W. H.: Further experiments on olfactory conditioning in a parasitic insect. The nature of the conditioning process. Proc. R. ent. Soc., London, B, *126*, 370—397, 1938. — **260.** Thorpe, W. H.: Further studies on pre-imaginal olfactory conditioning in insects. Proc. R. ent. Soc., London, B, *127*, 424—433, 1939. — **261.** Thorpe, W. H.: The evolutionary significance of habitat selection. J. Anim. Ecol., *14*, 67—70, 1945. — **262.** Thorpe, W. H.: Learning and Instinct in Animals. London, 493 pp., 1956. — **263.** Thorpe, W. H., & H. B. Caudle: A study of the olfactory responses of insect parasites to the food plant of their host. Parasitology, *30*, 523—528, 1938. — **264.** Thorpe, W. H., & F. G. W. Jones: Olfactory conditioning in a parasitic insect and its relation to the problem of host selection. Proc. R. ent. Soc., London, B, *124*, 56—81, 1937. — **265.** Timberlake, P. H.: A study of the biology of *Limnerium validum* Cresson. US-Dept. Agric., Ent. Techn. Ser., *19*, 71—92, 1912. — **266.** Timberlake, P. H.: Preliminary report on the parasites of *Coc-*

cus hesperidum in California. J. econ. Ent., *6*, 293—303, 1913. — **267.** Tothill, T. J., T. H. C. Taylor & R. W. Paine: The coconut moth in Fiji. A history of its control by means of parasites. Imp. Inst. Ent., London, 269 pp., 1930. — **268.** Townes, H.: Some biological characteristics of the Ichneumonidae (Hymenoptera) in relation to biological control. J. econ. Ent., *51*, 650—652, 1958. — **269.** Trouvelot, B.: Directives à suivre dans l'importation pour les besoins de l'agriculture d'insectes entomophages étrangers. Rev. Zool. Agric., Appl., *24*, 125—148, 1925.

270. Ullyett, G. C.: Distribution of progeny by *Cryptus inornatus* Pratt (Hymenoptera: Ichneumonidae). Canad. Entomologist, *81*, 285—299, 1949; *82*, 1—11, 1950. — **271.** Ullyett, G. C.: Biomathematics and insect population problems. Mem. ent. Soc. South Afr. (2), 1—89, 1953. — **272.** Utida, S.: Population fluctuations, an experimental and theoretical approach. Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol., *22*, 139—151, 1957.

273. Varley, G. C.: Nachwort zu Solomon, M. E.: Meaning of density-dependence and related terms in population dynamics. Nature, *181*, 1778—1781, 1958. — **274.** Vecht, J. van der: Population studies on the coconut leaf moth *Artona catoxantha* Hamps. (Lep., Zyg.). Proc. 8. Int. Congr. Ent. (Stockholm, 1948), 702—715, 1950. — **275.** Vos, H. C. C. A. A.: Introduction in Indonesia of *Angitia cerophaga* Grav., a parasite of *Plutella maculipennis* Curt. Contr. Gen. agric. Res. Sta., Bogor (134), 3—32, 1953. — **276.** Voûte, A. D.: Der Einfluß von *Ageniaspis* sp. auf ihren Wirt *Phyllocnistis citrella* Staint. unter verschiedenen klimatischen Verhältnissen. Arch. néerl. Zool., *1*, 1935. — **277.** Voûte, A. D.: Regulation of the density of the insect-populations in virgin-forests and cultivated woods. Arch. néerl. Zool., *7*, 435—470, 1946.

278. Way, M. J.: The influence of other ant species on biological control of *Oecophylla longinoda* (Latr.). Proc. 10. Int. Congr. Ent. (Montreal, 1956), *4*, 595—596, 1958. — **279.** Wellenstein, G. (edit.): Die Nonne in Ostpreußen (1933—1937). Monogr. angew. Ent., Berlin (15), 681 pp., 1942. — **280.** Wellenstein, G.: Zur Ernährungsbiologie der Roten Waldameise (*Formica rufa* L.). Z. Pflkrankh., *59*, 430—451, 1952. — **281.** Wellenstein, G.: Die Insektenjagd der Roten Waldameise (*Formica rufa* L.). Z. angew. Ent., *36*, 185—217, 1954. — **282.** Wellenstein, G.: Pflanzenbeschädigungen durch Waldameisen. Ein Beitrag zur Ernährung von *Formica rufa* L. Z. Weltforstw., *17*, 43—48, 1954. — **283.** Wellenstein, G.: Die Beeinflussung der forstlichen Arthropodenfauna durch Waldameisen (*Formica rufa* Gruppe), I. Z. angew. Ent., *41*, 368—385, 1957. — **284.** Wellington, W. G.: Individual differences as a factor in population dynamics: the development of a problem. Canad. J. Zool., *35*, 293—323, 1957. — **285.** Wichmann, H. E.: Das Schutzverhalten von Insekten gegenüber Ameisen. Z. angew. Ent., *37*, 507—510, 1955. — **286.** Wilbert, H.: Über die Wirksamkeit solitärer und gregärer Parasiten. Z. Pflkrankh., *65*, 661—673, 1958. — **287.** Wilbert, H.: Der Einfluß des Superparasitismus auf den Massenwechsel der Insekten. Beitr. Ent., Berlin, *9*, 93—139, 1959. — **288.** Wishart, G.: Effects of hydrogen ion concentration on hatching of eggs of *Aplomya caesar* (Ald.) (Diptera: Tachinidae). Canad. Entomologist, *88*, 655—656, 1956. — **289.** Wylie, H. G.: Factors that affect host finding by *Nasonia vitripennis* (Walk.) (Hymenoptera: Pteromalidae). Canad. Entomologist, *90*, 597—608, 1958.

290. Zoebelein, G.: Der Honigtau als Nahrung der Insekten. I. Z. angew. Ent., *38*, 369—416, 1956; II., *39*, 129—167, 1956. — **291.** Zoebelein, G.: Die Rolle des Waldhonigtaus im Nahrungshaushalt forstlich nützlicher Insekten. Forstwiss. Zentralbl., *76*, 1—64, 1957. — **292.** Zwölfer, H., & M. Kraus: Biocoenotic studies on the parasites of two fir- and two oak-tortricids. Entomophaga, *2*, 173—196, 1957.

b) Anwendung

Wie sich Nutzorganismen zur Schädlingsbekämpfung verwenden lassen, war einleitend (2a) bereits ausführlich dargestellt worden (Abb. 1). Bei Arthropoden hat man praktisch all diese Möglichkeiten bereits mehr oder weniger häufig erprobt. Hierüber handeln die folgenden Abschnitte.

aa) Verwendung einheimischer Entomophagen

Bei der Verwendung einheimischer Nutzarthropoden gegen einheimische Schädlinge beabsichtigt man, ein gegenseitiges Verhältnis von Phytophagen und Entomophagen zu verändern, das sich unter den gegebenen Außenbedingungen eingestellt hat. Die

Veränderung ist in dem Sinne beabsichtigt, daß die Entomophagen häufiger und die Phytophagen seltener werden. Wie schon Ratzeburg (318) (vgl. S. 4), Marchal (253) und andere erkannt haben, sind die Erfolgsaussichten einer derartigen biologischen Bekämpfung geringer als bei der Verwendung eingeführter Nützlinge gegen eingeschleppte Schädlinge. Es läßt sich jedoch, wie die inzwischen bekannt gewordenen Beispiele zeigen, manches erreichen, wenn man entweder durch Veränderung der jeweiligen Umweltbedingungen die Lebensaussichten für Entomophagen verbessert, wenn man sie dort, wohin sie von selbst nicht gelangen können, durch künstliche Verfrachtung ansiedelt oder wenn man sie künstlich vermehrt und anschließend freiläßt.

Vorschläge hierzu wurden schon im vorigen und anfangs dieses Jahrhunderts mehrfach gemacht (116, 212). Sie bezweckten, die Schädlinge nur soweit zu vernichten, daß ihre Parasiten nicht abstarben, meist durch Einzwingern in Käfigen, aus denen dann nur die Nützlinge entweichen konnten, oder durch agrikulturtechnische Maßnahmen. Außer Hartig, der schon 1827 die Anlage von Raupenzwingern zur Schlupfwespenzucht empfahl (vgl. S. 4), hat auch Ratzeburg (zit. Escherich [116]) die Verfrachtung von Parasiten und Räubern (Waldameisen) in Waldgebiete mit wenigen natürlichen Feinden vorgeschlagen und erprobt. Seine Skepsis gegenüber den Möglichkeiten einer biologischen Bekämpfung mittels einheimischer Nutzarthropoden war also nicht so groß, wie häufig dargestellt. Weitere Anregungen dieser Art stammen von C. V. Riley (zur Bekämpfung von *Acrobasis indiginella* [Zell.] [Phycitidae]), von J. H. Comstock (zur Bekämpfung von *Pieris rapae* [L.] [Pieridae] und von *Alabama agrillacea* [Hbn.] [Phalaenidae]), von A. Berlese (zur Bekämpfung von *Clysia ambiguella* [Hb.]), von F. Silvestri (zur Bekämpfung von *Dacus oleae* [Gmel.] [Tephritidae]) und von P. Marchal (zur Bekämpfung von *Phytophaga destructor* [Say] [Itonididae]). Über die durchgeführten Versuche wird später (S. 201 ff.) berichtet.

Unter diesen Möglichkeiten gewinnt in neuerer Zeit ganz besonders der Schutz endemischer[1]) Nutzarthropoden bei der Durchführung technischer (vor allem chemischer) Bekämpfungsmaßnahmen an Bedeutung. Diese menschlichen Eingriffe in die Lebensgemeinschaft haben, wie noch zu behandeln sein wird, die bisherigen Verhältnisse oft weitgehend verändert und damit auch die Wirkungsmöglichkeit gerade der Nützlinge eingeschränkt.

Eine später (4, b, bb) noch zu besprechende Methode der Verwendung von Nutzarthropoden ist deren Einfuhr und Ansiedlung an Örtlichkeiten, denen sie vorher gefehlt haben. Sind eingeführte Nutzarthropoden längere Zeit an einem Ort angesiedelt, so stellt sich zwischen ihnen und der übrigen Biozönose ein neues Gleichgewicht ein. Es bestehen zwar einige Unterschiede zwischen dem Zusammenspiel eines ursprünglichen einheimischen Schädlings mit seinen zumeist sehr zahlreichen Gegenspielern und dem künstlich errichteten Beziehungsgefüge von einem eingeschleppten bzw. eingewanderten Schädling und seinen nachgeführten Feinden. Häufig setzt sich ein solcher „künstlicher Vertilgerkreis" aus weniger Gliedern zusammen als in der Heimat des betreffenden Schädlings, und als es bei den Verwandten desselben im neuen Wohngebiet üblich ist. Dieses führt unter Umständen zu einer größeren Labilität der Gegenwirkung. Ist eine einzige Nutzarthropoden-Art für die wirksame Begrenzung eines Schädlings besonders wichtig, so kann der Ausfall einer solchen Art erneute schwere Schäden bringen (vgl. *Pristiphora erichsonii* [Htg.] in Mittelkanada und der Rückgang der Parasitierung durch *Mesoleius tenthredinis* Morley, s. S. 142).

[1]) „Endemisch" hier verwendet im gleichen Sinne wie „einheimisch" (native), zur ursprünglichen Fauna des betreffenden Gebietes gehörend. Eingeführte Nützlinge können sich zwar in die Biozönose eingliedern, aber nicht in dem genannten Sinne „einheimisch" werden.

— Eine gewisse Sonderstellung haben auch manche Parasiten und Räuber dadurch, daß sie in der neuen Heimat keine oder weniger spezialisierte Feinde aus dem Arthropodenreich besitzen.

Im ganzen kann man aber doch sagen, daß Nutzarthropoden nach ihrer Ansiedlung und, nachdem genügend Zeit zu ihrer weiteren Ausbreitung vom Auslassungsort verstrichen ist, in ähnlicher Weise zu der Lebensgemeinschaft gehören wie die schon vorher dort heimischen Arten. Dies zeigen z. B. die vielen Parasiten und Prädatoren, die man zur Niederhaltung des Schwammspinners *(Lymantria dispar)* nach Nordamerika gebracht hat (353). Diejenigen Arten, die sich einbürgern ließen, haben heute meist auch enge Beziehungen zur übrigen Biozönose; sie halten sich keineswegs nur an den Schwammspinner und werden auch ihrerseits von endemischen Feinden angegriffen. Für die weitere biologische Bekämpfung bedeutet dies, daß sich die Maßnahmen zur Verwendung einheimischer Entomophagen nicht von denen zu unterscheiden brauchen, die sich zur Erhaltung, Förderung, Weiterausbreitung und Vermehrung von vorher eingeführten, inzwischen aber heimisch gewordenen Nutzarthropoden als zweckmäßig erweisen. Die praktischen Verfahren zur Durchführung dieser Möglichkeiten sollen daher gemeinsam für importierte und endemische Nutzarthropoden später besprochen werden (4, b, cc).

bb) Verwendung importierter Entomophagen

Unter dem Begriff der importierten oder faunenfremden Nutzarthropoden versteht man meist solche Arten, die aus großer Entfernung herangeschafft worden sind, die sie selbst ohne menschliche Hilfe nicht überwinden können. Zahlenmäßige Angaben hierzu lassen sich nicht machen, da geographische Hindernisse wie Wüsten, Meere usw. für die Überwindbarkeit einer Strecke wichtiger sind als die reine Entfernung. Im allgemeinen handelt es sich hierbei um Einfuhren aus anderen Kontinenten mit anderen Faunenbereichen; die Verfrachtungen innerhalb des gleichen Kontinents, die eine natürliche Ausbreitung nur beschleunigen soll, werden später besprochen (vgl. S. 225). Ökologisch gesehen besteht zwischen Umsiedlungen auf große und auf kleine Entfernung kein wesentlicher Unterschied; stets handelt es sich darum, eine neue Art in eine schon vorhandene Biozönose einzufügen.

In zweifacher Weise hat man bisher bei der biologischen Bekämpfung von schädlichen Gliedertieren die Einbürgerung räuberischer oder parasitischer Arthropoden in neue Gebiete genutzt:

1.) Zur Bekämpfung von Arten, die vorher ohne ihre natürlichen Feinde eingeschleppt worden waren.

2.) Zur Bekämpfung von Arten, die zur ursprünglichen Fauna gehören, aus irgendwelchen Gründen aber von ihren natürlichen Feinden nicht hinreichend in Schach gehalten werden. Diese Form der Nutzung eingeführter Entomophagen gegen heimische Phytophagen ist bisher oft nur als Nebenerfolg aufgetreten, nach dem Import von polyphagen Feinden gegen die unter 1.) genannten Schädlinge (Näheres hierzu vgl. S. 181).

Der Grundgedanke der ersten Methode ist also, durch nachträgliche Einfuhr der Feindarten, die einen neu eingeschleppten Schädling in seinem Herkunftsland kurz halten, das „natürliche Gleichgewicht" in dem neu besiedelten Gebiet wieder herzu-

stellen oder, genauer gesagt, einen oder mehrere biotische Begrenzungsfaktoren zuzufügen, die einen gewissen regulatorischen Einfluß auf die Populationsdichte des Schädlings haben, und diese durch solche Gegenkräfte unter die Schädlichkeitsschwelle zu senken. Die Manipulation des Gleichgewichtes, das wesentliche Kennzeichen der biologischen Bekämpfung, besteht hier also darin, daß man einen unvollständigen Vertilgerkreis durch besonders wirksame Feindarten ergänzt. Dieses „klassische" Verfahren hat unter den verschiedenen Methoden der biologischen Bekämpfung bisher die größten Erfolge gehabt. Es geht, wie in Abschnitt 1 b dieses Beitrages geschildert, auf die in der Mitte des 19. Jahrhunderts von A. Fitch gemachten und von C. V. Riley und L. O. Howard ausgebauten Anregungen zurück. Ihnen lagen Beobachtungen zugrunde, daß eingeschleppte Phytophagen, die im Herkunftsland wenig oder gar nicht schadeten, im neu besiedelten Gebiet zu Dauerschädlingen wurden. Die Theorie, daß dies auf das Fehlen natürlicher Feinde zurückzuführen sei, wurde nach zahlreichen Importen von Entomophagen durch die hiermit erreichte Senkung der Schädlingsdichte bestätigt. Nicht immer wirkten jedoch die nachträglich beschafften Feindarten nennenswert oder gar so stark und so dauerhaft, daß das Problem völlig gelöst war. Wenn natürliche Feinde in der Heimat der Phytophagen deren periodische Gradationen nicht verhindern können, läßt sich nicht erwarten, daß sie im neuen Ansiedlungsgebiet mehr erreichen; man darf es durchaus als Erfolg ansehen, wenn in solchen Fällen die ursprünglich permanenten Übervermehrungen in solche, die gelegentlich auftreten, verwandelt und die Verhältnisse des Herkunftslandes annähernd wieder hergestellt werden. Nicht einmal das wird erreicht, wenn die Umweltverhältnisse (Klima, Feindarten usw.) in der neuen Heimat für den Schädling viel günstiger sind als für seine Gegenspieler, soweit sich diese überhaupt ansiedeln lassen oder einen wirksamen Begrenzungsfaktor darstellen.

So gab es seit dem ersten großen Erfolg von Nützlingsimporten, der bereits geschilderten Bekämpfung der in Kalifornien eingeschleppten Citrus-Schmierlaus *Icerya purchasi* (vgl. Abb. 35 S. 132, Einzelheiten bei 343), eine große Zahl von weiteren Versuchen zur Ansiedlung fremder Entomophagen. Sie endeten oft ohne Erfolg, mit Teilergebnissen oder aber auch mit voller und anhaltender Unterdrückung des eingeschleppten Schädlings. Was im Rahmen dieses Beitrages berichtet werden kann, sind nicht die in einer kaum noch übersehbaren Literatur niedergelegten Einzelfälle, sondern die heute üblichen Arbeitsprinzipien dieser speziellen Methode, unter Hinweis auf die allgemeine Fragen und Beispiele darstellenden Schriften (18, 33, 66, 73, 74, 115, 118, 197, 210, 211, 212, 217, 253, 265, 311, 332, 335, 343, 368, 375, 403, 404, 405, 411, 424, 425, 435, 443).

α) Beschaffung, Auswahl und Versand von Entomophagen aus entfernten Gebieten

αα) Bestimmung und Herkunft des Schädlings

Wenn auch jeder Einzelfall anders gelagert ist, lassen sich für den Import von Nutzarthropoden doch gewisse Erfahrungsgrundsätze aufstellen (147, 424). Der erste Schritt ist stets die eindeutige Bestimmung des Schädlings, gegen den sich die Einfuhr richten soll. Mehrere Beispiele aus der Geschichte der biologischen Bekämpfung zeigen, daß eine unrichtige Determination zu dem Versuch führen kann, Entomophagen einzubürgern, welche die betreffende Art gar nicht angreifen (69, 342). So hat man lange Zeit, bevor man die beiden in Kalifornien lebenden Schild-

lausarten „red scale" und „yellow scale" (*Aonidiella aurantii* [Mask.] und *A. citrina* [Coq.]) morphologisch zu unterscheiden verstand, gegen die erstgenannte Art ungeeignete und sehr spezifische Rassen der Encyrtide *Comperiella bifasciata* How. eingeführt. — Nur nach richtiger Determination kann man als zweiten Schritt versuchen, die geographische Verbreitung und vor allem das Herkunftsland des Schädlings zu ermitteln, sei es durch Umfrage bei Museen, durch Literaturstudien oder durch eigens angesetzte Sammelreisen. In der Heimat von verschleppten Schadarthropoden besteht die größte Wahrscheinlichkeit, wirksame Feindarten zu entdecken, falls solche überhaupt vorkommen. Diese Nachforschungen können sehr mühsam sein, wenn der Schädling aus entomologisch wenig durchforschten Gebieten stammt oder wenn er bisher noch nicht beschrieben war. Manchmal vermag erst eine systematische Revision der betreffenden Gattung oder Familie zu klären, in welchem Gebiet die nächsten Verwandten einer neuen Art leben und wo sich eine weitere Suche lohnt (69).

ββ) Örtlichkeit zum Sammeln einzuführender Entomophagen

Für die Örtlichkeit zum Sammeln einzuführender Entomophagen sind vor allem zwei Gesichtspunkte maßgebend: I) Der Schädling soll dort durch natürliche Feinde erheblich reduziert werden und II) die ökologischen Bedingungen sollen denen ähneln, die im vorgesehenen Ansiedlungsgebiet der Nützlinge herrschen. (I) Einen Hinweis dafür, daß Feindarten vermutlich wirksam sind, geben die Lebensbedingungen und die Häufigkeit des Schädlings. Tritt er nur in geringer Dichte auf, obwohl die äußeren Bedingungen, also vor allem klimatische und edaphische Verhältnisse, günstig sind, so besteht eine gewisse Wahrscheinlichkeit dafür, daß er durch Feinde in Schach gehalten wird. Dies läßt sich im einzelnen nur durch sorgfältige bionomische und ökologische Studien klären. Eine brauchbare, später (S. 240) näher zu besprechende Methode ist dabei das Differenzverfahren; es beruht darauf, daß man die Dichte zweier sonst sehr ähnlicher Populationsteile des Schädlings vergleicht, von denen einer vor der Einwirkung von natürlichen Feinden geschützt wird. Abgesehen von diesem einen Eingriff sollen alle anderen Lebensbedingungen gleich bleiben. Die unterschiedliche Entwicklung dieser Schädlingsgruppen läßt einen Schluß auf die Gesamtwirkung der Feinde zu. Je nachdem, ob man diese durch mechanische, chemische oder biologische Verfahren abhält, können sich zusätzliche Folgen dieser Eingriffe zeigen, die es zu bedenken und durch Wechsel der Methode auszuschalten gilt.

(II) Die ökologischen Bedingungen einer Örtlichkeit, die für Sammlungen von Entomophagen in Frage kommt, lassen sich erst dann genau erfassen, wenn man die Ansprüche der einzelnen Arten kennt. Zur groben Orientierung über die Eignung prospektiver Sammelgebiete achtet man auf eine gewisse Ähnlichkeit des Klimas und des Pflanzenbestandes als Ausdruck für die Gesamtheit der Umweltfaktoren. Der bioklimatische Vergleich von Herkunfts- und Ansiedlungsgebiet wird sich auf die vorhandenen großklimatischen Unterlagen stützen müssen. Wichtig sind vor allem solche Klimaeigenschaften wie Dauer der Vegetationsperiode, durchschnittliche und extreme Lufttemperatur, Zahl der Tage mit extremen Temperaturen, Schwankungsbreite des jährlichen Temperaturverlaufes,

Summe und Verteilung der Niederschläge, Verhältnis von Temperatur und Niederschlägen (z. B. ausgedrückt im sogen. Trockenheitsindex [319]). Auch die Tagesdauer, also die geographische Breite des Sammelgebietes, kann wichtig werden, da es Insekten gibt, deren Rassen sich durch die Reaktion auf verschiedene Tageslängen und die dadurch ausgelöste Diapause unterscheiden; ihre Überführung in andere geographische Breiten kann die durch lange Selektion erworbene Anpassung an den Wechsel der Außenbedingungen zerstören. — Bei diesen bioklimatischen und topographischen Vergleichen sind Unterschiede der beiden Gebiete nur dann wirklich wichtig, wenn sie für die betreffende Entomophagenart tatsächlich bedeutsam sind. Viele Insekten überwintern z. B. im Boden, und in solchen Fällen sind extreme winterliche Lufttemperaturen weniger wirksam als bei Arten, die den Winter an ungeschützten Örtlichkeiten überdauern. — Auch die Beachtung biozönotischer, vor allem pflanzensoziologischer Aspekte dürfte empfehlenswert sein (312), soweit die allgemeine Ähnlichkeit von Herkunfts- und Ansiedlungsgebiet einen solchen Vergleich überhaupt erlaubt. Die Verbreitung der Fraßpflanze(n) des Schädlings bildet vor allem bei spezialisierten Arten eine unentbehrliche Grundlage.

γγ) Kennenlernen und Auswählen geeigneter Entomophagen

Hat man auf diese Weise das Sammelgebiet in großen Zügen festgelegt, so ist die nächste Aufgabe das Kennenlernen und Auswählen der für den Versand geeigneten Entomophagen. Handelt es sich um eine bekannte Schädlingsart, lassen sich manchmal aus den Räuber- und Parasitenverzeichnissen der Literatur wertvolle Hinweise entnehmen.

Als Beispiele seien hier genannt: Der Parasitenkatalog des Commonwealth Institute of Biological Control (427), von dem bisher nach Wirten geordnete Parasitenlisten und Teile der nach Parasiten geordneten Wirtslisten erschienen und zu dem Verzeichnisse der Prädatoren und ihrer Beutetiere noch geplant sind; der synoptische Katalog der Hymenopteren Nordamerikas, herausgegeben vom US-Landwirtschaftsministerium (236, 280); die Bände dieses Handbuches über tierische Schädlinge. — Von den weniger umfassenden Verzeichnissen einiger Sondergruppen seien als Beispiele genannt: Parasiten der forstlichen Lepidoptera im südlichen Ontario, Kanada (317); Itonididae als Feinde der Aphidae (21), Tingidae, Psyllidae, Aleyrodidae und Coccidae (22), Acarinae (23) und als Entoparasiten (24); Zuckerrohrschädlinge und ihre natürlichen Feinde (43); Diptera als Parasiten von Coleoptera (113); Parasiten und Prädatoren der Aphiden (167) und der Gramineen-Minierer (Lepidoptera) der Tropen (222); Wirte und Biologie westpaläarktischer Tachinen (204 a).

Viele derartige Verzeichnisse sind weder vollständig noch frei von Fehlern (Synonymien); außerdem geben sie nur eine Übersicht, nicht aber das im Einzelfall erwünschte Detailbild. Wertvoller sind hierfür monographische Studien über einzelne Schädlinge mit ihren Vertilgerkreisen. Zumeist wird es erforderlich sein, diese Unterlagen selbst zu beschaffen. Die Kenntnisse vor allem über wirtschaftlich unwichtige Insektenarten sind gewöhnlich völlig unzureichend. Das zeigte sich z. B. bei den Bemühungen der Amerikaner, aus Europa Feindinsekten des Maiszünslers *(Pyrausta nubilalis)*, des Schwammspinners *(Lymantria dispar)*, einer Fichtenblattwespe *(Diprion hercyniae)* und neuerdings der Tannenstammlaus *(Dreyfusia piceae)* zu besorgen, da diese Schädlinge erst an Interesse gewannen, als sie ohne ihre Gegenspieler in Amerika eingeschleppt worden waren. — Diese ökologischen Untersuchungen sollten in verschiedenen Teilen der als mögliches Sammelgebiet bezeichneten Gegenden durchgeführt werden. Der Vertilgerkomplex kann sich ändern, wenn der Schädling etwa

regional an verschiedenen Wirtspflanzen frißt, wenn das Lokalklima sich von dem anderer Örtlichkeiten unterscheidet oder wenn die Schadart in verschiedener Häufigkeit auftritt. Bevorzugt sammelt man an der Wirtspflanze, an der ein Schädling im Einschleppungsgebiet frißt, da sich Entomophagen oft nach der Pflanzenart des Wirtes orientieren und möglicherweise verschiedene Rassen des Phytophagen auf verschiedenen Wirtspflanzen vorkommen, die nicht alle gleich gut von der Feindart angenommen werden. Man sollte also Teilgebiete auswählen, die in klimatischer, topographischer und biozönotischer Hinsicht sowie in bezug auf die Anbauverhältnisse der Kulturpflanzen möglichst vielseitig sind, zusammen aber einen guten Durchschnitt des ganzen Gebietes geben. Ist es beabsichtigt, Entomophagen in unnatürlicher Umgebung anzusiedeln (z. B. Straßenbäume, Parks, usw.), so muß auch an solchen Standorten gesucht werden. Botanische Gärten eignen sich oft hierzu besonders gut.

δδ) Beobachten, Züchten und Sammeln

Das eigentliche Beobachten, Züchten und Sammeln der Feindarten ist auf so breiter Basis anzulegen, daß man keinen der wichtigeren Mortalitätsfaktoren übersieht. Die Zucht aller Wirtsstadien zu verschiedenen Jahreszeiten ist für das Erfassen des Parasitenkomplexes ebenso unentbehrlich wie das Beobachten und das Deuten der Fraßspuren zur Ermittlung der Räuber. Einzelzuchten sind vorzuziehen, Reste der Wirte sind aufzuheben, um zu klären, ob es sich um Primär- oder Sekundärparasiten handelt. Aus dem gleichen Grund fixiert und seziert man reichlich Material aller Stadien. Auch auf das Auftreten von Krankheiten ist zu achten und die Erhaltung der Erreger sicherzustellen (vgl. S. 41). Angesichts der zumeist unzureichenden Kenntnis über die morphologische Unterscheidung der Parasitenlarven empfiehlt es sich, die wichtigen Arten zu züchten, um die Zusammenhänge zwischen gefundenen Larven und gezogenen Imagines zu klären. Eine nützliche Tabelle zur Unterscheidung von Dipterenlarven gibt Hennig (203 a), zur gröberen Trennung von Larvenstadien der Diptera Cyclorrhapha (Pipunculidae, Phoridae, Muscidae incl. Tachinidae) und parasitischen Hymenoptera Sweetman (411) in Anlehnung an die Spezialliteratur; Hinweise für die Einzelzucht von Entomophagen finden sich z. B. bei Fahringer & Heikertinger (119) und bei Ford (153), Vorschläge für alle möglichen Zucht- und Fangtechniken bei Peterson (303).

In Gegenden, in denen ein Schädling durch das Wirken von Räubern oder Schmarotzern selten ist, empfiehlt es sich, diesen anzureichern und den Entomophagen anzubieten. Diese sog. „host exposure method" (147) wurde erstmalig von Compere benutzt, als er 1906 einige Citrus-Bäume, besetzt mit *Aonidiella aurantii*, von Australien nach China überführte, dort in einem Garten einen Sommer lang dem Angriff von Parasiten aussetzte und dann nach Kalifornien schickte.

Die gleiche Methode bewährte sich auch z. B. bei der Sammlung von Parasiten von *Saissetia oleae* in Südafrika. Diese Schildlaus tritt dort nur an solchen Stellen etwas häufiger auf, die von Ameisen belaufen werden (vgl. S. 120). Dort kommt der wirksamste, aber etwas langsame Parasit, *Aphycus helvolus*, nicht zum Zuge. Erst als die Raubameisen durch Leimringe abgehalten und damit die Wirte schutzlos dem Parasiten angeboten wurden, ließ sich auch diese Art in größerer Zahl beschaffen. Zahlreiche weitere Beispiele für die Anwendung dieser Technik liegen vor (147). Teilweise genügt es auch, isoliert gelegene und daher von Entomophagen noch nicht entdeckte Befallsplätze zu finden und zu überwachen, um die Feindarten mit hoher Suchfähigkeit zu erbeuten. In anderen Fällen ködert man erst die Phyto-

phagen an und konzentriert dadurch später auch die Parasiten am gleichen Ort. So legte man z. B. zur Sammlung von *Rhyssa persuasoria* (L.) (Ichneumonidae) in England Stapel von Kiefernrundholz an, in denen sich erst die Wirte (*Sirex*-Arten) und danach die genannten Parasiten einfanden. Durch Aufspalten der Stammstücke wurden diese freigelegt und zur biologischen Bekämpfung von *Sirex noctilio* F. nach Neuseeland geschickt (195).

εε) Determination

Die Determination der Entomophagen sollte schon deswegen bald erfolgen, um die für eine Art bereits bekannten Dinge nicht nochmals beobachten zu müssen und um auf den Erfahrungen der früheren Bearbeiter aufbauen zu können. Systematik und biologische Bekämpfung ergänzen sich gegenseitig (69, 120, 342). Wertvolle Anregungen für die systematische Gruppierung von morphologisch schwer unterscheidbaren Parasitengruppen basieren auf Arbeiten über die Wirtsspezifität, die im Rahmen von Projekten zur Verwendung dieser Entomophagen entstanden sind (z B. Systematik der Aphelinidae [139]). Andererseits ist eine Nutzung von nicht determinierten Arthropoden aus den verschiedensten Gründen unzweckmäßig: Man kann erst nach der Bestimmung sagen, ob die Art etwa doch schon im Empfängerland vorkommt, man findet sie nur wieder, wenn man die morphologischen Charaktere genau kennt, und die Zugehörigkeit zu bestimmten systematischen Einheiten erlaubt es oft, auf gewisse Eigenarten der Lebensweise, der Wirtswahl und der Art des Parasitismus zu schließen. Solche Schlüsse müssen jedoch stets durch biologische Beobachtungen überprüft werden. Gehört ein Parasit z. B. zur Gattung *Tetrastichus,* so kann er Primär- oder Sekundärparasit sein. Wie er wirklich lebt, kann nur das Studium der betreffenden Art zeigen; trotzdem ist der Hinweis durch Bestimmung der Gattung wichtig.

Durch Fehlbestimmung sind schon manche Einfuhren von wertvollen Entomophagen unterlassen oder von bereits im Bestimmungsland vorhandenen Nutzinsekten unnötigerweise durchgeführt worden. Der Import der Tachine *Exorista larvarum* (L.) aus Europa nach den USA zur Bekämpfung von *Lymantria dispar* wurde z. B. von 1912 bis 1925 verschoben, da man glaubte, die nah verwandte nordamerikanische Art *E. mella* (Wlk.) wäre nur eine andere Rasse und könne durch Einkreuzung die erwünschte Eigenschaft von *E. larvarum,* den Schwammspinner besonders gern anzunehmen, verlieren. Erst als man diese Arten als Imago und Larve zu unterscheiden gelernt hatte, begann die Einfuhr der dann auch dauerhaft angesiedelten Art. Weitere Beispiele finden sich bei (69). Bei der entscheidenden Bedeutung systematisch-taxonomischer Arbeiten für diese Form der Schädlingsbekämpfung bringt der gegenwärtige Mangel an Kennern gerade der schwierigen Parasitengruppen (wie z. B. der Chalcidoidea, Serphoidea, Braconidae usw.) große Nachteile für die praktische Arbeit. Das Schwergewicht der Determination hat sich von den Privatsammlern an die großen Museen und Zentren verlagert (z. B. Deutsches Entomologisches Institut, Deutsche Akademie der Landwirtschaftswissenschaften, Berlin-Friedrichshagen; British Museum (Natural History); Entomology Research Branch, United States Department of Agriculture, Washington, D. C.; Entomology Research Institute, Research Branch, Department of Agriculture, Ottawa, Canada). Da in Europa kaum noch ein Land allein über genug Spezialisten zur Bestimmung aller Entomophagen-Gruppen verfügt, wurde hier 1954 der Internationale Bestimmungsdienst für Nutzinsekten (als Teil der Internationalen Kommission für Biologische Schädlingsbekämpfung, C. I. L. B., vgl. S. 12) gegründet.

ζζ) Wahl der geeigneten Arten

Die Wahl der geeigneten Arten ist für eine Umsiedlung von Nutzarthropoden die entscheidende Frage. Die Erfahrung hat gezeigt, daß man trotz aller Untersuchungen im Herkunftsland die tatsächliche Leistungsfähigkeit einer Entomophagenart in der

neuen Heimat nicht sicher voraussagen kann. Derartige Voruntersuchungen können nur klären, welche Arten Priorität erhalten, in welcher Reihenfolge der Versand erfolgen soll und welche Arten auf jeden Fall auszuschließen sind; zu der letzten Gruppe gehören naturgemäß vor allem Hyperparasiten bzw. Parasiten von Räubern. Gleichzeitig mit oder vor der erwähnten Beurteilung einer Gesamtwirkung des Feindkomplexes bzw. solcher Feindgruppen, die sich durch verschiedene Schranken (Maschenweite, Leimstreifen) getrennt prüfen lassen, sollten die einzelnen Prädatoren und Parasiten autökologisch studiert werden. Wichtig sind hierbei, wie in dem vorhergehenden Grundlagenabschnitt schon erwähnt, solche Qualitäten wie Spezifität, notwendiger Wirtswechsel, Koinzidenz mit der Schädlingsart, besondere Ernährungsansprüche, Bevorzugung bestimmter Wirtspflanzen, Kannibalismus, das Vorkommen von Super- und Multiparasitismus, Reaktionsfähigkeit auf einen Anstieg der Beute-/Wirtsdichte, Suchfähigkeit usw. Am aussichtsreichsten sind im allgemeinen die Arten, die unter ökologisch ähnlichen Bedingungen bei niedriger Dichte der Schädlingspopulation dominieren und damit dem oben (S. 136) geschilderten Ideal eines wirksamen Entomophagen am nächsten kommen. Physiologische Untersuchungen können manches über die Lebenstüchtigkeit der Art und über ihr potentielles Verbreitungsgebiet voraussagen (Beispiel: Untersuchungen an *Dahlbominus fuscipennis* [Zett.] als Parasit von Diprionidae [437]).

Sicher ist die H ä u f i g k e i t eines Entomophagen kein Kriterium, ihn bevorzugt zu exportieren, obwohl das eigentliche Sammeln in solchem Fall leichter ist. Einige Beispiele zeigen jedoch, daß im Herkunftsland seltene Spezies im Ansiedlungsgebiet einen dominierenden Einfluß erreichen können. *Rodolia cardinalis,* der von Australien nach Kalifornien mit so viel Erfolg umgesiedelte Marienkäfer, gilt in seiner Heimat als seltene Art (18). Die Tachine *Drino bohemica* Mesnil, die im Herkunftsland (Tschechoslowakei) sehr selten ist, wurde nach der Einbürgerung in Kanada zu einem der wichtigsten Parasiten von *Diprion hercyniae* (18) (vgl. auch S. 162). Auch einer der planmäßigsten und am besten geschilderten Fälle der biologischen Bekämpfung, die Einfuhr von *Pleurotropis parvulus* Ferr. (Eulophidae) nach den Fidschi-Inseln zur Unterdrückung des Kokospalmenschädlings *Promecotheca reichei* Baly (Hispidae) beruht auf der Nutzung eines importierten Parasiten, der in seiner Heimat (Java) selten war (416).

Dieses Beispiel des Kokosblattminierers *P. reichei* ist auch aus anderen Gründen lehrreich: Hier handelte es sich um einen e i n h e i m i s c h e n Schädling, der durch importierte Gegenspieler wieder reduziert werden mußte (vgl. oben S. 173 unter 2), da seine ursprünglich wirksamen natürlichen Feinde infolge der Einschleppung einer parasitischen Milbe (*Pediculoides ventricosus* Newp.) unwirksam geworden waren. Diese hatte nämlich periodisch alle Entwicklungsstadien des Käfers bis auf eines vernichtet, dadurch die vorher dort wie in den meisten Tropenländern übliche Überlappung aller Wirtsstadien unterbrochen und eine Trennung der einzelnen Generationen (one-stage condition) herbeigeführt (416). Dies ist einer der wenigen bekanntgewordenen Fälle, in denen eine unabsichtlich eingeführte entomophage Arthropodenart Schaden angerichtet hat. Die daraus ableitbare Folgerung ist, bei der Einfuhr von Nutzarthropoden vor allem in Gebiete ohne klimabedingte Unterbrechung der Entwicklung darauf zu achten, daß k e i n e A r t e n i m p o r t i e r t werden, die eine T r e n n u n g i n e i n z e l n e G e n e r a t i o n e n v e r u r s a c h e n, und zwar weder bei dem Schädling, gegen den die betreffende Aktion gerichtet ist, noch bei anderen Phytophagen, die bisher nicht schädlich auftraten. In dieser Beziehung besteht, wie das besprochene Beispiel zeigt, eine gewisse Gefahr bei polyphagen Arten mit hoher Vermehrungskraft, die viele Wirtsstadien zugleich

angreifen können, trotzdem aber eine hohe Schädlingsdichte benötigen, ehe sie wirksam werden können (vgl. auch S. 135). Die Einfuhr einer Entomophagen-Art sollte erst dann abgeschlossen sein, wenn verschiedene Herkünfte erprobt sind. Wie die Erfahrung gezeigt hat, leben in den einzelnen Teilen des Verbreitungsgebietes einer Art häufig Biotypen mit unterschiedlicher Reaktion auf Witterungseinflüsse, verschiedener Vermehrungskraft, Wirtswahl usw., die sich verschieden gut für die neuartigen Verhältnisse eignen mögen. Vertreter aus allen erreichbaren Teilen des Wohngebietes einer Nützlingsart sollten also auf ihre Verwendbarkeit im neuen Wohngebiet geprüft werden.

So kennen wir z. B. von *Tiphia popilliavora* Roh. (Scolioidea), einem Parasiten des Japankäfers *(Popillia japonica)*, zwei Rassen (aus Korea und Japan), die sich durch ihre Phänologie und Vermehrungskraft konstant unterscheiden. Bei der Aphelinide *Prospaltella perniciosi* Tower gibt es mehrere geographische Rassen, die verschiedene Wirte bevorzugen und sich unter Freilandbedingungen verschieden (bisexuell bzw. unisexuell) fortpflanzen (141). Auch nach ihrer Ansiedlung in Kalifornien behielten sie diese physiologischen Unterschiede bei.

Ein neueres Beispiel von der biologischen Bekämpfung der Olivenschildlaus *Parlatoria oleae* (Colvée) in Kalifornien illustriert ebenfalls, wie wichtig es ist, mehrere biologische (und zugleich geographische) Rassen einer Parasitenart zu erproben. Aus Indien, Persien und dem Mittelmeergebiet eingeführte Individuen von *Aphytis maculicornis* (Masi) (Aphelinidae) waren morphologisch nicht zu unterscheiden. Biologische Untersuchungen ließen aber drei physiologisch und verhaltensmäßig gut unterscheidbare Rassen erkennen (191); von diesen war die als „persische Rasse" bezeichnete Herkunft im Freiland am wirkungsvollsten.

ηη) Import mehrerer Arten

Ebenso wie sich die vergleichende Erprobung mehrerer geographischer Rassen einer Entomophagenart bewährt hat, hat sich auch die Ansicht durchgesetzt, daß es vorteilhafter ist, mehrere Arten neben- oder nacheinander zu importieren, als sich mit nur einer „Schlüsselart" zufrieden zu geben, auch wenn diese relativ gute Erfolge hat. Zweifellos besteht dabei eine gewisse Gefahr, daß durch Multiparasitismus, also interspezifische Konkurrenz, gut geeignete Arten von anderen zurückgedrängt werden, die zwar bei diesen Konkurrenzkämpfen, nicht aber bei der Begrenzung des Schädlings überlegen sind (vgl. die Abschnitte über Super- und Multiparasitismus, 4, a, bb). Wenn man durch Untersuchung des Wirt-Parasitenverhältnisses im Herkunftsland erkannt hat, daß eine besonders geeignet erscheinende Art sich dort nur deswegen nicht entfalten kann, weil eine Konkurrenzart sie daran hindert, ist es sicher günstiger, die unterlegene Art zuerst allein einzuführen. Das genannte Buch von Taylor (416) nennt ein Beispiel hierfür, das erneut die Notwendigkeit illustriert, vor den Einfuhren die Ausgangssituation vielseitig zu klären, und das davor warnt, die Verhältnisse im Herkunftsland einfach auf das Ansiedlungsgebiet zu übertragen. Mit den neuen Lebensbedingungen im Bestimmungsgebiet verwandeln sich eben bisher unterlegene Arten häufig in dominierende und umgekehrt. Die früher schon erwähnten (vgl. S. 117) Bedenken der Entomologen von Hawaii, daß die Konkurrenz unter den gegen die Mittelmeerfruchtfliege (*Ceratitis capitata* Wied.) dort eingeführten Parasiten den Gesamterfolg gemindert habe (301), dürften auf Grund der Untersuchungen von H. S. Smith (383) und der neueren Erfahrungen anderer Fachleute nicht zu Recht bestanden haben. Thompson (423), Smith (383) und neuerdings Clausen (66) betonen, daß nach der Ansiedlung mehrerer Feindarten die regulatorische Aufgabe von allen zusammen wahrscheinlich besser erfüllt würde als bei der Anwesenheit nur einer Art. Eine Spezies kann fast

nie alle vom Schädling bewohnten „ökologischen Nischen" ebenfalls besetzen. Die Gesamtwirkung mehrerer Gegenspieler wird durch Schwankungen der Umweltbedingungen nicht so stark beeinflußt wie die Tätigkeit nur einer Art, da sich die einzelnen Glieder eines Feindkomplexes, wie oben bereits ausführlich besprochen (4, a, ff), bei Bedarf gegenseitig teilweise vertreten und ergänzen können.

So wurden z. B. zur Niederhaltung der „black scale" an Citrus, der Schildlaus *Saissetia oleae*, 35 Parasitenarten aus Afrika in kalifornischen Laboratorien gezüchtet. Die „Schlüsselart" wurde *Aphycus helvolus*. 28 andere Schlupfwespen wurden kolonisiert, aber nur 7 hielten sich und ergänzen die Tätigkeit von *A. helvolus* (138). Sogar der in Kalifornien und anderen Teilen der Welt zur Bekämpfung von *Icerya purchasi* so erfolgreich angesiedelte Marienkäfer *Rodolia cardinalis* leistet unter gewissen Bedingungen, z. B. an Zierpflanzen an der Bucht von San Francisco, nicht genug für praktische Zwecke. Dort ist die parasitische Diptere *Cryptochaetum iceryae* die dominierende Art. Sie war etwa gleichzeitig mit der Coccinellide aus Australien eingeführt worden, kommt überall in geringer Dichte vor, ausgenommen die Örtlichkeiten, wo ihre Konkurrenzart *(R. cardinalis)* aus irgendeinem Grund versagt und sie Gelegenheit hat, sich zu entfalten. Als Beispiel für die gemeinsame Verwendung vieler Feindarten und Krankheitserreger sei schließlich noch der Japankäfer (*Popillia japonica* [Newm.]) genannt. Von 34 eingeführten Parasiten haben sich 5 dauerhaft in den USA ansiedeln lassen; sie tragen neben künstlich verbreiteten Nematoden (vgl. S. 258) und Bakterienkrankheiten (vgl. S. 86) zu der wirksamen Begrenzung des Schädlings bei (148).

Zahlreiche weitere Beispiele dieser Art zeigen, daß dazu geraten werden kann, eine Kombination mehrerer natürlicher Feinde mit verschiedenen ökologischen Ansprüchen einzuführen. Natürlich müssen sie vorher im Herkunftsland auf ihre gegenseitigen Beziehungen hin untersucht worden sein. Eine Reihe von Projekten der biologischen Bekämpfung sind im Laufe der letzten Jahrzehnte auch mit Hilfe von nur einer Art örtlich gelöst worden. Meist handelt es sich dabei entweder um begrenzte Teile des Schadgebietes, so z. B. in Kalifornien oft nur um die küstennahen Zonen, oder das gesamte Gebiet hat sehr gleichförmige Lebensbedingungen, wie z. B. auf manchen Inseln. In Zweifelsfällen und wenn die Umweltverhältnisse recht unterschiedlich sind, empfiehlt es sich jedoch, die vorgesehenen Arten n a c h e i n a n d e r z u i m p o r t i e r e n und dabei mit den im Herkunftsgebiet bei Konkurrenz unterlegenen Arten zu beginnen. Eine Verzögerung des Vorhabens muß dabei in Kauf genommen werden, da sich nachträglich etwa voreilig unternommene Freilassungen nicht mehr korrigieren lassen.

ϑϑ) Eingeführte Nutzarthropoden gegen heimische Schädlinge

Die oben (S. 173) genannte Methode, auch zur Bekämpfung heimischer Schädlinge Nutzarthropoden aus fremden Gebieten einzuführen, erfordert eine entsprechende Sorgfalt. Man wird diesen Weg nur beschreiten, wenn der vorhandene Feindkomplex nicht (mehr) ausreicht. Die Verhältnisse sind dann insofern schwieriger, als nicht aus dem Zusammenspiel der Feindarten im Herkunftsland auf das wahrscheinliche Verhalten in der neuen Heimat geschlossen werden kann. Andererseits enthält diese noch wenig erprobte Methode manches Aussichtsreiche, so z. B. die Möglichkeit, der heimischen Arthropodenfauna völlig neue Nützlingsarten einzufügen und dadurch unter Umständen Schadarten den biologischen Verfahren zugänglich zu machen, die bisher wegen einer ungenügenden Wirksamkeit ihres Vertilgerkreises hierfür nicht in Frage gekommen waren.

Zwei Beispiele für gelungene Fälle dieser Art waren schon erwähnt worden: Bekämpfung der Zygaenide *Levuana iridescens* Beth.-Bak. auf den Fidschi-Inseln durch Einfuhr der Tachine *Ptychomyia remota* Ald., eines Parasiten von *Artona catoxantha* Hamps. (vgl.

S. 127) (433); der Import von *Pleurotropis parvulus* Ferr., einem Schmarotzer von *Promecotheca nuciferae* Maul., zur Bekämpfung von *Promecotheca reichei* Baly ebenfalls auf den Fidschi-Inseln (416) (vgl. S. 179).

In diesen Fällen hatte man also, da keine spezifischen Feinde bekannt waren, Entomophagen von Verwandten des zu bekämpfenden Schädlings gesucht und auf diesen übertragen. Das oligo- bzw. polyphage Verhalten vieler Räuber und Parasiten läßt sich auch noch anders nutzen. So haben sich schon öfters eingeführte, nicht streng spezifische Arten gegen Schädlinge gewendet, die in der neuen Heimat vorkamen. Da man die Vielseitigkeit mancher Nutzinsekten häufig nicht vor dem Import kannte, kam es danach zu unerwarteten Nebenerfolgen.

Hier sei als Prototyp eines vielseitigen Nützlings die Tachine *Compsilura concinnata* Meig. genannt, die 1906 als Parasit des Schwammspinners und Goldafters aus Europa nach Nordamerika eingeführt worden war (54). Dieser Schmarotzer wurde inzwischen aus fast 200 Lepidopteren- und Tenthrediniden-Arten gezogen, die zu 23 Familien gehören (352, 454). Durch seine Angriffe auf in Nordamerika heimische Schädlinge aus den genannten Gruppen ist er nach Angabe der dortigen Entomologen eine wertvolle Bereicherung der Entomophagenfauna.

u) Übertragung von Parasiten aus anderen Wirten

Ferner hat man häufig schon gegen eingeschleppte Arten Parasiten eingeführt, die man bisher nur aus verwandten Wirten gezogen hatte, auch wenn Schmarotzer aus dem zu bekämpfenden Schädling selbst schon bekannt waren. Man beabsichtigte damit, die Parasitengarnitur zu vergrößern, und hoffte, manche genügend unspezifische Arten zu finden, die auch den neuen Wirt annähmen. Als Beispiel sei die Bekämpfung zweier auf Hawaii eingeschleppter Fruchtfliegen erwähnt, bei der Parasiten der Tephritidae aus aller Welt importiert wurden, mit dem Erfolg, daß einmal ein nicht aus dem Schädling (sondern aus einer verwandten Art) und einmal ein aus dem Schädling selbst gezogener Schmarotzer sich schließlich durchsetzten (62, 72).

Die Suche nach Schmarotzern der zuerst eingeschleppten Mittelmeerfruchtfliege (*Ceratitis capitata* [Wied.]) begann schon 1912, mit Hilfe des bekannten italienischen Entomologen Silvestri. Als besonders wertvoll erwiesen sich von den eingeschickten Arten zuerst die Braconide *Opius humilis* Silv. aus Südafrika und *Diachasma fullawayi* (Silv.) aus Westafrika; etwas später setzte sich dann ganz entscheidend *Diachasma tryoni* (Cam.) durch, die aus Australien stammte. Im Durchschnitt bewirkten die Braconiden eine 42,3prozentige Parasitierung, die in Früchten mit geringer Schalendicke und daher leicht erreichbaren Wirtslarven (z. B. Kaffeebohnen) auf 45 bis 95 % anstieg und als sehr guter Teilerfolg angesehen wurde. Die beiden zuletzt genannten Arten waren gezogen aus *Ceratitis* sp. (nicht *C. capitata*) bzw. aus *Dacus tryoni*, also aus fremden Wirten. — Anders verlief das entsprechende Projekt gegen *Dacus dorsalis* Hendel (Oriental fruit fly), die 1946 in Hawaii erschien. Als Resultat einer 1947 sehr großzügig angesetzten Such- und Sammelaktion wurden aus den Tropen aller Erdteile 4 246 000 Puparien von über 60 Arten der Tephritidae (davon 1,5 Millionen von *Dacus dorsalis*) eingeschickt und auf Hawaii gezüchtet. Von den rund 80 erhaltenen Parasitenarten setzte sich schließlich (vgl. S. 117) *Opius oophilus* Fullaway durch, der 70—75 % der Eier parasitierte und weitere beim Anstechen durch Übertragen von Bakterien und Pilzen tötete; die Population dieser Fruchtfliegenart war damit ganz beträchtlich reduziert, diesmal jedoch nur durch Schmarotzer, die aus dem gleichen Wirt stammten und in seiner ursprünglichen Heimat (Malaya) gesammelt worden waren. Zugleich verminderten sie auch den Bestand von *C. capitata*. Das letzte Wort über die Verwendbarkeit von oligo- oder polyphagen Fruchtfliegenparasiten (die dann mangels vieler Wirtsarten häufig doch sehr wirtsspezifisch leben) auch gegen *D. dorsalis* ist noch nicht gesprochen, da von den bisher nicht bewährten Spezies viele in zu kleiner Anzahl oder in nicht optimaler Verfassung freigelassen worden sind.

κκ) Anbieten von Wirten in fremden Faunenbereichen

Schließlich deutet sich noch eine weitere Möglichkeit an, die Vielseitigkeit der meisten Entomophagen auszunützen. Sie besteht darin, die Feinde, die eine eingeschleppte Schädlingsart in dem neuen Wohngebiet angreifen, in das Herkunftsland des Schädlings zu bringen und dort gegen ihn anzusetzen. Wirts- bzw. Beutearten werden hierbei also unabsichtlich den Entomophagen eines fremden Faunenbereiches ausgesetzt. J. Ghesquière (176) nennt eine Reihe von Beobachtungen an fremden Pflanzenschädlingen in Zentralafrika, auf die sich einige afrikanische Entomophagen eingestellt hatten, und empfiehlt, diesen Weg konsequent weiterzugehen und solche Angreifer auch in die ursprüngliche Heimat des Schädlings zu schaffen. Einzelne Verfrachtungen in Afrika wurden schon vorgenommen, und die dortige Arthropodenfauna ist bekannt als reich an Entomophagen. Ähnliche Erfahrungen und Vorschläge betreffen Südamerika (398), Australien (285), Neuseeland (269) und das Mittelmeergebiet (17).

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß die Beschaffung zusätzlicher Entomophagen, die nicht von dem zu bekämpfenden Schädling selbst stammen, ihn aber annehmen, sicher auch zukünftig lohnen dürfte. Durch solche Maßnahmen lassen sich künstlich Beziehungen zwischen Phytophagen und ihren Antagonisten knüpfen, die wegen der zu überwindenden geographischen Hindernisse nicht von selbst zustande kommen können.

λλ) Sammlung von Entomophagen für den Versand

Bevor die Sammlung von Entomophagen für den Versand beginnt, sollten die bisher besprochenen Punkte geklärt und eine Entscheidung darüber gefällt sein, welche Arten einzuführen sind. Zumeist braucht man größere Mengen der betreffenden Nutzarthropoden zur Ansiedlung. Um diese zu beschaffen, sind grundsätzlich zwei Wege gangbar: Entweder man sammelt sie alle im Herkunftsland, und zwar mit Hilfe dortiger Fachleute bzw. nach Entsendung von Entomologen des Empfängerlandes, oder man besorgt sich nur eine kleine Anzahl und züchtet die benötigte Menge in einem Speziallabor, das im Herkunftsland oder im Bestimmungsland stehen kann. Jedes dieser Verfahren hat seine Vor- und Nachteile (vgl. auch 65, 127, 334, 411).

Das Sammeln bietet den Vorteil, auch mit ungelernten und daher billigen Hilfskräften sowie mit einfacher Ausrüstung die gewünschten Entomophagen beschaffen zu können. Wenn es notwendig ist, gleichzeitig mehrere Nützlingsarten einzuführen, können diese zumeist mit der gleichen Sammeltechnik in einem Arbeitsgang besorgt werden. Das Problem, in möglichst kurzer Zeit möglichst viele Entomophagen oder — bei Parasitensuchen — auch ihre Wirte zu sammeln, liegt für jeden Einzelfall anders, so daß allgemeine Richtlinien nicht gegeben werden können. Erinnert sei nur an die oben genannte Methode, Phytophagen ihren Feinden darzubieten, an die konzentrierende Wirkung künstlicher Verstecke (vgl. Abb. 40 u. 41) und auch an Köderverfahren, wie das Anlocken von Syrphiden durch übergroße Blumenattrappen (362) (vgl. S. 144). Neuerdings hat man in Kalifornien sogar große transportable Saugapparate eingesetzt, um Blattlausparasiten von Luzernefeldern abzufangen (40). Bei den Voruntersuchungen sollte stets auch auf die Frage geachtet werden, wie sich eine später vielleicht notwendige Massensammlung durchführen

Abb. 40: Zucht von Nutzinsekten im Freilandzwinger: 3 Käfige am Tannenstamm mit starkem Besatz von *Dreyfusia piceae* (Ratz.), zur Aufnahme von in der Umgebung gesammelten Larven räuberischer Coccinelliden (z. B. *Pullus impexus* [Muls.]). Im mittleren Käfig künstliches Versteck für die Verpuppung sichtbar (Pfeil). (Orig.)

Abb. 41: Nahbild der Innenseite eines künstlichen Versteckes (vgl. Abb. 40) mit Puppen von *Pullus impexus* (P) zwischen auf Stoff geleimten Holzstäbchen; daneben Verpuppungsgespinste der Larven und Wachswolle der Tannenläuse. (Orig.)

läßt. Geht es vor allem darum, recht viele Wirtsinsekten aus einem befallenen Pflanzenbestand zu erhalten, so hat es sich bewährt, verschieden komplizierte Abschnitte des Sammelns in mehrere Arbeitsgänge aufzuteilen. Bei der Sammlung der Parasiten des Maiszünslers *(Pyrausta nubilalis)* kann z. B. eine Arbeitsgruppe die Pflanzen zusammentragen, die zweite die befallenen aussondern, die dritte Wirte mit ihren Parasiten herauspräparieren (16). Voraussetzung ist stets eine gründliche K e n n t n i s der betreffenden Insekten, eine dauernde Ü b e r w a c h u n g der Mitarbeiter und eine sorgfältige P l a n u n g, was mit dem Material zu geschehen hat, bis es verschickt werden kann. Letzteres ist vor allem dann wichtig, wenn die Entomophagen in einem aktiven Stadium sind und fressen müssen oder wenn mit einem baldigen Schlüpfen aus dem Ei oder der Puppe zu rechnen ist. Durch Kühlstellen lassen sich zwar der Nahrungsverbrauch und die Entwicklungsgeschwindigkeit herabsetzen. Dabei sollte man aber Temperaturen möglichst nicht unterschreiten, die in der betreffenden Gegend und Jahreszeit als Minimum vorkommen. Gerade diese Fragen der zweckmäßigen Aufbewahrung, der Hungerfähigkeit aktiver Stadien, der Brauchbarkeit von Ersatznahrung usw. sollten vor der eigentlichen Versandaktion durch Versuche geklärt sein. Wenn es möglich ist, eine Entomophagenart während

eines Ruhestadiums oder in Diapause zu sammeln, fallen manche der erwähnten Schwierigkeiten fort. — Nachteile des Sammelns sind z. B. die Gefahr, daß beim Transport Verluste eintreten, daß Entomophagen mit ihren natürlichen Feinden verschickt werden, daß andere unerwünschte Arten eingeschleppt werden, daß die Sammelergebnisse nie vorauszusehen sind und besonders erwünschte Arten plötzlich ganz selten geworden sein können.

Ob es günstiger ist, Entomologen des Herkunftslandes allein mit der Sammlung des Materials zu beauftragen oder vom Empfängerland Fachleute zu entsenden, welche die Sammelaktion leiten, läßt sich nicht allgemeingültig beantworten. Auf jeden Fall ist es notwendig, örtliche, mit den Landessitten und den zuständigen Stellen vertraute Kräfte heranzuziehen. Die Entsendung von Entomologen des Empfängerlandes auch zur Beschaffung des Materials, eine z. B. neuerdings von der University of California weitgehend praktizierte Methode, ermöglicht es diesen, den Schädling mit seinen Gegenspielern in seiner Heimat kennenzulernen und dadurch dem Empfangslaboratorium (s. unten) die Anweisungen zu geben, die es braucht, um die ankommende Sendung richtig zu versorgen. Diese entscheidend wichtige enge Verbindung zwischen den suchenden und sammelnden Mitarbeitern (explorers) auf der einen und dem Heimatlaboratorium auf der anderen Seite scheint besser zu funktionieren, wenn sich ein Vertreter des Empfängerlandes an den Sammlungen beteiligt. Mit den Fachinstituten für biologische Bekämpfung, den Pflanzenschutz-Organisationen und anderen für die Durchführung solcher internationaler Verschickungen lebender Tiere zuständigen Stellen ist sogleich Verbindung aufzunehmen. Mit ihrer Hilfe läßt sich meist ein einfaches Feldlabor einrichten und auch der schnellste Versandweg (gewöhnlich Luftfracht) erkunden. Anders liegen die Verhältnisse, wenn Individuen einer bereits importierten und angesiedelten Entomophagenart in ein neues Gebiet verschickt werden sollen. In diesem Fall dürften genügend Kenner vorhanden sein, die im jetzigen Herkunftsland, dem früheren Empfängergebiet, die Sammlung und Versendung nach ihren eigenen Erfahrungen durchführen.

Während man früher wegen der langen Transportzeiten mit hohen Ausfällen unter den gesammelten Entomophagen zu rechnen hatte und deswegen möglichst viele Tiere sammeln und versenden mußte, vereinfacht sich heute das Problem durch den schnellen Lufttransport. In 3—5 Tagen ist heute praktisch jede Sendung an jedem beliebigen Punkt der Erde, wenn sich in der Nähe ein Flugplatz befindet. Dadurch verschiebt sich heute gegenüber früher die Arbeit mehr zu den Heimatlaboratorien, denen der im Ausland lebende Sammler laufend kleine Sendungen zukommen läßt. Im Bestimmungsland wird dann der geringe Ausgangsbestand durch Zucht vermehrt.

Der Vorteil dieser Zuchten besteht u. a. darin, daß sie die zeitraubenden Arbeiten und die unvermeidlichen Unsicherheiten des Sammelns im Freiland durch eine arbeitsparende Vermehrung ersetzen; außerdem werden keine Feinde der Nutzinsekten mit verbreitet und die zeitliche Koinzidenz zwischen Entomophagen und ihren Wirten/Beutetieren läßt sich beeinflussen, indem man die Zucht beschleunigt oder abbremst. Allerdings stehen dem auch wieder Nachteile gegenüber: Es müssen optimale Zuchtbedingungen bekannt sein, und es muß ein Stab von Hilfskräften in einem technisch sehr gut ausgestatteten Empfangslaboratorium zur Verfügung stehen. Über die eigentliche Technik der Massenzucht wird noch später berichtet (S. 214 ff.).

Als Beispiel für dieses moderne Verfahren sei erwähnt, daß 1953 Dr. van den Bosch, ein Mitarbeiter des Department of Biological Control der University of California, von einer 4monatigen, zum Sammeln von Schildlausparasiten unternommenen Reise nach Nordafrika 82 Luftpostsendungen mit Entomophagen nach Kalifornien abschickte. Die auf diesem Wege lebend beschafften Parasiten der Citrusschildlaus *Saissetia oleae* gehörten 31 Arten an. Manche davon konnten bereits nach einer zweimonatigen Zucht im Insektarium freigelassen werden.

In vielen Fällen wird man die Sammel- und die Zuchtmethode zu kombinieren haben, um die bestmöglichen Resultate zu erzielen. So hat es sich

häufig bewährt, das von Sammlern eingetragene Wirts-Material erst einmal zu züchten und dann die daraus gewonnenen Parasiten allein ohne ihre Wirte zu verschicken. Dies kommt vor allem in Frage, wenn die Fraßpflanze des Schädlings im Sammelgebiet leichter zu beschaffen ist als im Bestimmungsland. Eine Parasitenzucht im Sammelgebiet kann ferner anzuraten sein, wenn ein hoher Prozentsatz gesammelter Schmarotzer von Hyperparasiten befallen ist. So erwiesen sich Kokons der Braconide *Apanteles rubecula* Marsh., die zur Bekämpfung von *Pieris rapae* (L.) von Italien nach Australien geschickt werden sollten, zu 45 % von *Tetrastichus rapo* (Wlk.) überparasitiert. Erst das Züchten einer weiteren Generation von *A. rubecula* ergab feindfreie Parasiten-Kokons, die dann versandt wurden (93). Manchmal läßt sich auch durch frühzeitiges Eintragen der Entomophagen-Larven deren Parasitierung verhindern; die weitere Aufzucht kann dann im Laboratorium oder, wenn die Futterbeschaffung schwierig ist, im Freiland unter Parasitenschutz erfolgen. Beispiel: Larven der Coccinellide *Aphidecta obliterata* L. und anderer Raubkäfer wurden gesammelt und an Tannenläusen am Stamm innerhalb eines Käfigs weitergezüchtet (95) (vgl. Abb. 40). In unbewohnten Gegenden oder dann, wenn von größeren Gebieten laufend Stichproben untersucht werden sollen, empfiehlt es sich manchmal, ein fahrbares Laboratorium zu verwenden, wie es z. B. von dem Entomology Research Institute in Belleville, Ontario, Kanada, entwickelt worden ist (15). — Die genaue Lage aller Sammelorte sollte auf Karten festgehalten und alle näheren Umstände wie Wirtspflanze, Wirtsinsekt, Entwicklungszustand usw. müssen so genau notiert werden, daß auch die Arbeitsgruppe im Empfängerlaboratorium sich ein Bild von den Lebensbedingungen am Sammelort machen kann.

Entscheidend dafür, welche der besprochenen Methoden man schließlich anwendet, wird zumeist die Kostenfrage sein. Je häufiger eine Entomophagenart im Herkunftsland ist und je billiger dort die Arbeitskräfte sind, umso mehr wird sich das Sammelverfahren lohnen; die Kosten für eine Sammelaktion sind erfahrungsgemäß etwa gleich hoch, ob nun viel oder wenig gefunden wird. Umgekehrt ist es gewöhnlich rationeller, einen geringen Ausgangsbestand durch Zucht zu vermehren, wenn diese Voraussetzungen nicht zutreffen und wenn bewährte und billige Zuchtmethoden für das Laboratorium bekannt sind. Da sich Schadinsekten auch an anderen als ihren gewohnten Wirtspflanzen (z. B. viele Schildläuse auch an Kartoffeltrieben) halten lassen und da Parasiten oft an leicht zu haltenden Ersatzwirten gezüchtet werden können, bevorzugt man heutzutage in vielen Fällen das Zuchtverfahren, in denen früher die benötigte Menge der Entomophagen importiert werden mußte (68) (vgl. auch 4, b, cc, β). Wenn bereits eine kleine Nützlingspopulation in der neuen Heimat angesiedelt worden ist, kann es günstiger sein, Tiere hiervon weiter zu versenden als im Ursprungsgebiet der Art sammeln zu lassen.

Das Beispiel von *Tiphia vernalis* Rohw., einem Schmarotzer des Japankäfers *(Popillia japonica)* zeigt, wie sehr außer der numerischen Ausbeute auch die Währungsverhältnisse in den betreffenden Ländern und die Qualität der Tiere zu berücksichtigen sind (173). Zur Zeit der Untersuchungen war der Kurs des US-Dollars in Korea sehr hoch, so daß jedes dort gesammelte und lebend in die Vereinigten Staaten gelangende Weibchen des Parasiten nur 1,99 Cents kostete, gegenüber 2,56 Cents für jedes aus der unmittelbaren Nachbarschaft bezogene Weibchen. In Beziehung zur Eileistung gesetzt, verschwanden diese Unterschiede jedoch wieder, da Weibchen nach dem Transport durchschnittlich nur 38,4 Eier legten, solche aus der Umgebung aber 59,7. — Als Beispiel für die Sammelkosten bei einem neueren Projekt sei erwähnt, daß ein Mann durchschnittlich am Tag 66—77 Käfer des Tannenlaus-

Räubers *Laricobius erichsonii* Rosenh. fand und in jedem Frühsommer einige Tausend Käfer nach Kanada verschickt worden sind (161). Das ergibt einen reinen Sammlerlohn von etwa 0,15 DM je Käfer, wozu aber noch mindestens das Zehnfache für Transport der Sammler, Versand der Insekten, Versandbehälter und vor allem für die vorbereitenden Untersuchungen durch das Commonwealth Institute of Biological Control kamen. Trotzdem war dieser Weg seinerzeit der billigste, da *L. erichsonii* nur eine Generation im Jahr hat und daher im Laboratorium nur langsam vermehrt werden kann.

$\mu\mu$) Verpackungs- und Versandmethoden

Verpackungs- und Versandmethoden für Entomophagen sind mehrfach beschrieben worden (95, 188, 293, 411). Trotzdem sind die Erfahrungen der internationalen Organisationen auf diesem Gebiet noch relativ wenig bekannt, und manche mühsam durchgeführte Sammelaktion endet mit einem Mißerfolg, weil die Tiere unterwegs absterben. Wenn auch viele der früher bei langer Schiffsreise auftretenden Schwierigkeiten heute durch den schnellen Lufttransport geringer geworden sind, muß doch darauf geachtet werden, die Sendung in dem Teil der Maschine zu befördern, der klimatisiert ist und in dem der normale Luftdruck erhalten bleibt. Außerdem ist zu beachten, daß die Flugplätze, auf denen Luftfracht umgeladen wird, keine zu abweichenden Klimaverhältnisse haben. Lufttransporte von Mitteleuropa nach Kanada über New York sind z. B. im Frühjahr dadurch gefährdet, daß es in New York schon sehr heiß sein kann, wenn im Absender- und im Empfängerland der Frühling gerade beginnt. Besondere Abmachungen mit Fluggesellschaften sind daher anzuraten.

Die ausführliche, möglichst gedruckte Beschriftung der Sendung ist für die Sorgfalt, mit der diese behandelt wird, sehr wichtig. Man sollte wenigstens angeben bzw. zufügen: Absender, Empfänger, offizielle Lizenzen und Einfuhrerlaubnisse, Inhalt (z. B. „useful insects only. No commercial value"; „Delay means loss of valuable material"), Vorsichtszeichen. Auch für Länder, in denen nur Zwischenlandungen stattfinden und das Paket umgeladen wird, sind manchmal besondere Einfuhrerlaubnisse erforderlich (z. B. England). In der Sprache des Empfängerlandes sollte angegeben sein, welche staatliche Dienststelle befugt ist, die Sendung anzunehmen und zu öffnen. Jeder Versand ist telegraphisch anzukündigen.

Für die Methoden, um verschickte Insekten lebend zu erhalten, können hier nur einige Beispiele angeführt werden. Die für den Versand günstigsten Entwicklungsstufen sind Ruhestadien: Ei, Puppe, Kokon oder Puparium. Obwohl leichtes Gewicht bei Luftfrachtsendungen erwünscht ist, muß der Behälter doch so robust sein, daß auch bei wenig rücksichtsvoller Behandlung der Inhalt nicht gefährdet wird und Insekten nicht nach außen gelangen können. Holz ist meist besser als Metall, da es überschüssige Feuchtigkeit aufnimmt. Für Luftpost-Sendungen aus China hat sich z. B. das sehr leichte Holz der sog. „water pine" *(Glyptostrobus pensilis)* besonders bewährt (188). Am schwierigsten ist die Verpackung, wenn aktive Stadien versandt werden, die unterwegs fressen müssen oder die sich gegenseitig angreifen. Alle diese Kästen sollten eine geeignete Form der Ventilation haben.

Versand im Eistadium: Auf Blättern abgelegte Eier werden so herausgeschnitten, daß wenig Blattfläche am Rand bleibt, und mit Seidenpapierstreifen zur Aufnahme überschüssiger Flüssigkeit lose in Glasröhrchen mit Watteverschluß gepackt. Besonders einfach ist der Versand von in der Zucht auf Papier abgelegten Eiern oder solchen, die man auf Papier festkleben kann, und zwar vom Wirt oder vom Entomophagen, wie z. B. Eier von *Sitotroga cerealella,* belegt von *Trichogramma*-Arten (vgl. Abb. 42). Auch Raubwanzen-Eier lassen sich in flachen Blechdosen im Luftpostbriefumschlag versenden (z. B. *Perillus bioculatus* [Fabr.]) (vgl. Abb. 43).

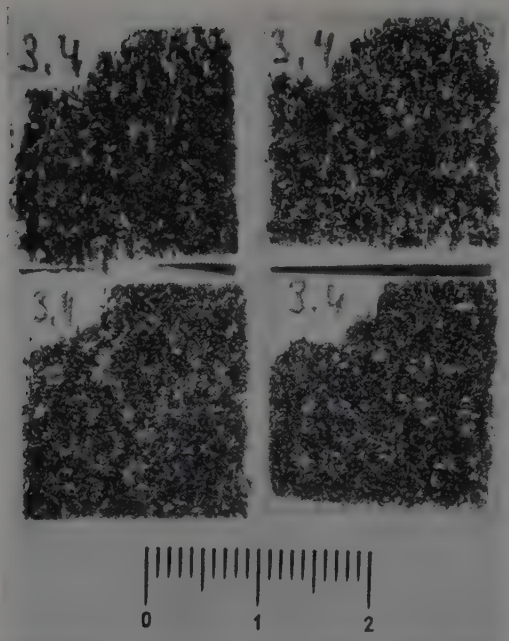


Abb. 42: Versand von *Trichogramma* als Puppe in auf Papier aufgeleimten Wirtseiern *(Sitotroga)*. Auf jedem Papier etwa 1500 Eier, davon etwa 80 % parasitiert (schwarz). Maßstab = 2 cm. (Orig.)

Versand im Larvenstadium: Der Versand von Raupen in dicht gepackten Wellpappe-Streifen, in deren Hohlräumen sie sich zur Diapause einspinnen, hat sich viele Jahre lang beim Import von *Pyrausta nubilalis* in die Vereinigten Staaten bewährt (16, 293). Manche Noctuiden-Raupen und Curculioniden-Larven (z. B. *Listoderes)* sind in flachen Gefäßen mit Maschendrahtwänden versandt worden, wobei außer den Fraßpflanzen auch trockenes *Sphagnum* beigegeben war, um die überschüssige Feuchtigkeit aufzusaugen. Das gleiche bewährt sich bei Wirtslarven in Blattminen; die einzelnen Blätter lassen sich lose schichten. Kannibalismus unter Raupen (z. B. *Heliothis*) kann nur durch Verpacken in Einzelbehältern verhindert werden, wozu sich Gelatinekapseln oder Tablettenröhrchen eignen. Einzelverpackung von *Rhyssa*-Larven in Gelatinekapseln mit Sägemehl hat sich bewährt. Auch Scarabaeiden-Larven müssen einzeln in Sägemehl oder ähnlichem Material versandt werden; wenn parasitierte Individuen keine Nahrung mehr brauchen, kann man durch Berühren des Mandibelansatzes mit einer heißen Nadel die Kauwerkzeuge immobilisieren und dann mehrere Engerlinge zusammenpacken.

Versand im Puppen- bzw. Kokonstadium: Dünnhäutige, empfindliche Kokons (z. B. von der Braconide *Triaspis)* legt man am besten zwischen Seidenpapier in kleine Röhrchen. Kann man in der Zucht die Kokons an Stoff oder Papier erhalten, schneidet man diese Streifen aus und befestigt sie im Versandgefäß. Widerstandsfähigere Ruhestadien legt man in flache Schachteln zwischen Wellpappe oder Zellstoffflagen o. ä. in einzelnen Schichten. — Puparien lassen sich im Gegensatz zu freien Puppen

Abb. 43: Versand von Eiern der Raubwanze *Perillus bioculatus* (Fabr.) in flacher Blechschachtel im Luftpostbrief. (Aus: J. FRANZ & H. SZMIDT, Entomophaga *5*, 87—110, 1960)

oder Kokons besser in feuchtem Sägemehl, *Sphagnum* oder ähnlichem Material verschicken, auch hier stets in flachen Lagen. Die Gefahr des Ausschlüpfens von Hyperparasiten während des Transportes, die dann weitere Primärparasiten anstechen, ist bei den heute üblichen kurzen Reisezeiten gering; bei Bedarf läßt sich dies durch Versand in Kühlbehältern (s. unten) umgehen.

Abb. 44: Transportkoffer für Entomophagen, die durch Zugabe von Eis (rechts und links von dem Käfigbehälter aus Zinkblech) kühl gehalten werden. Käfig mit vorn aufgeklappter Wand aus Gazestoff, Stoffbändern und feuchter Watte unter Drahtschutz im Innern (für die Aufnahme Käfig halb herausgezogen). (Aufn. Canada Dept. Agric., Science Service, Biographic Unit)

Versand der Imagines: Für Vertreter der Coccinellidae, Derodontidae, Diptera, Hymenoptera u. a. hat sich ein beim Commonwealth Institute of Biological Control konstruierter hölzener Versandkasten bewährt (94, 95, 161). Seine Kennzeichen sind: Verdeckte Ventilationsöffnungen, innen und außen mit Drahtgaze bespannt; vom Transportraum abgetrennte *Sphagnum*-Lage zum Feuchthalten; unter dem abschraubbaren Holzdeckel ein Cellophan-Verschluß, durch den die Zollinspektion erfolgen kann, ohne den Transportraum zu öffnen. Futter für manche Entomophagen sind Mischungen von Agar-Agar, Honig und anderen Ingredienzien (293, 381), wobei sich die Konsistenz des tropfenweise auf Pappstreifen ausgebrachten Futters nach der Luftfeuchtigkeit zu richten hat, damit eine gallertige, aber nicht klebrige Masse bestehen bleibt. Wasser wird meist in einem von Löschpapier fast ganz umwickelten Schwamm geboten, oder ein kleiner, gut befestigter Wasserbehälter endet in einem Wattedocht, der ständig feucht bleibt, aber nicht tropft. Für Dipteren und Hymenopteren, die Flugraum benötigen, hat sich auch ein gazebezogener Käfig mit im Zickzack gespannten Mullbinden bewährt, auf denen die Imagines sitzen. Bei längeren Fahrten in warmer Jahreszeit ist es günstig, lebende Insekten in einen ventilierten Kühlkoffer zu packen. Dieser ist ringsum gut isoliert und hat ein Eisfach, in das bei längeren Bahnfahrten (z. B. durch den nord-

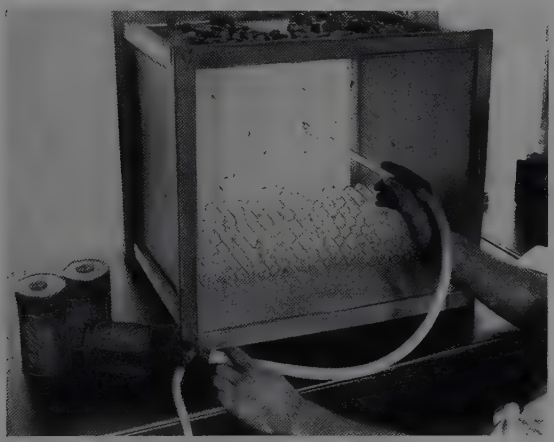


Abb. 45: Schlupfwespen werden mit Saugrohr von einem Beobachtungsrahmen (Stoff auf der Lichtseite) in Transportgefäße aus Metall umgefüllt; Holzwolle, durch die Maschendrahtfenster der Büchsen sichtbar, gibt den Wespen Halt. Durch späteres Umwickeln der Behälter mit feuchtem Mull kann die Luftfeuchtigkeit erhöht werden. (Aufn. Canada Dept. Agric., Science Service, Biographic Unit)

amerikanischen Kontinent) vom Bahnpersonal wiederholt Eis gefüllt werden kann (vgl. Abb. 44). Allzu starke Abkühlung ist zu vermeiden, da die Spermien mancher Hymenopteren darunter leiden (126) (vgl. S. 155). Wenn Vorversuche ergeben haben, daß Nahrung und Flüssigkeit für die Transportzeit entbehrt werden können, ist ein seit vielen Jahrzehnten beim USDA eingeführter zylinderförmiger Metallbehälter mit Maschendrahtöffnungen geeignet. Er wird meist mit Holzwolle locker gefüllt, und Insekten lassen sich durch Einführen einer entsprechenden Ansaugleitung gut einfüllen (vgl. Abb. 45). — In allen Fällen sollten die gewählten Versandmethoden gründlich erprobt werden, bevor man größere Sendungen abschickt. Weitere Einzelheiten über Sammel- und Versandmethoden enthalten die oben genannten zusammenfassenden Berichte und die folgenden, zumeist neueren Einzelarbeiten als Beispiele für die Verschickung natürlicher Feinde von: *Cephus pygmaeus* (L.) (Cephidae) (345), *Heterarthrus nemoratus* (Fall.) (syn. *Phyllotoma nemoralis* Fall). (Tenthredinidae) (106), *Loxostege sticticalis* (L.) (Pyraustidae) (379), *Lithocolletis messaniella* Zeller (Gracilariidae) (96), *Plutella maculipennis* (Curt.) (Hyponomeutidae) (97, 196), *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Chrysomelidae) (48), *Sitona cylindricollis* Fahr. (Curculionidae) (34) und von Opuntien (371).

β) Vorsichtsmaßnahmen beim Empfang von Entomophagen

Die Einfuhr von Nutzarthropoden kann unerwünschte Folgen haben, wenn in der Sendung lebende Schädlinge oder Krankheitserreger enthalten sind oder wenn die Entomophagen auch andere Nutzarthropoden (als Parasiten oder Hyperparasiten) angreifen. An oder in Pflanzen, Erde oder anderen beigepackten Substanzen können sich pathogene Mikroorganismen oder schwer sichtbare Stadien schädlicher Tiere und Pflanzen (z. B. Nematodenzysten, Unkrautsamen, Insekteneier usw.) befinden. Aus diesem Grunde werden heute in allen Ländern mit einiger Erfahrung auf dem Gebiet der Nützlingseinfuhr solche Sendungen nicht sofort geöffnet und die Tiere in Freiheit gesetzt, sondern man führt sie einer Quarantäne oder Einfuhrkontrolle zu. Diese Art der Inspektion wird im allgemeinen den Instituten für biologische Bekämpfung übergeben, und zwar auch in großen Ländern meist nur einer (z. B. in Kanada) oder wenigen Stellen (z. B. USA, vgl. S. 8). Das ist schon deswegen notwendig, weil die Bearbeiter über sehr weitgehende Spezialkenntnisse und eine besondere Einrichtung der Laboratorien verfügen müssen. Außerdem arbeitet eine solche Überwachungsstelle nicht nach dem in der Pflanzenquarantäne gültigen Prinzip der Stichprobenentnahme mit nachfolgender Zurückweisung oder Begasung, wenn sich Schädlinge gefunden haben. Vielmehr ist es die Aufgabe des Leiters einer solchen Einfuhrkontrolle, jeden einzelnen ankommenden Nützling zu prüfen und, falls schädliche Arten mit in der Sendung enthalten sind, diese allein auszusondern. Die Grundsätze der Kontrolle sind also recht unterschiedlich.

αα) Einrichtung eines Insektariums

Die Einrichtung eines solchen Insektariums zur Einfuhrkontrolle (quarantine insectary) sollte so durchdacht sein, daß sie sich für die verschiedensten Arten der Nutzorganismen eignet, einschließlich der in Abschnitt 7 besprochenen Testung von Phytophagen zur Unkrautbekämpfung. Von der Aufnahmefähigkeit des Laboratoriums hängt es ab, wieviele Sendungen von auswärts angenommen und durchgesehen werden können.

An ein ideales Quarantäne-Labor sind folgende Anforderungen zu stellen: Insektendichte Räume mit mehrfacher, drahtgeschützter Verglasung der Fenster und Oberlichter; kleine, einzeln dicht verschließbare Räume mit individueller Temperatur- und Feuchtigkeitsregu-

lierung; gas- und insektendichte Türverschlüsse, Gruppenvorraum für einige Zimmer; Windschleuse, selbstschließende Türen und Lichtfalle für den Eingang, um zu verhindern, daß Insekten von innen nach außen mit herausgebracht werden; dem gleichen Zweck dient eine Vorrichtung, die auf dem Vorraum einer Raumgruppe das Licht ausgehen läßt, sobald sich eine Tür zum Laboratorium öffnet, und ein Umkleideraum für die Mitarbeiter vor dem Ausgang; abgerundete Ecken, abwaschbare helle Wände, Wasser, Gas, Strom und Saugluft in jedem Raum; Betäubungseinrichtung für lebhafte Insekten, die man umpacken muß (CO_2 oder Aether); feinster Maschendraht und Luftfilter vor Ventilation; Desinfektion des abfließenden Wassers; Kühlräume zum allmählichen Übergang von etwa + 10° C bis unter 0° C und eigener Vergasungsraum (Methylbromid) bzw. Verbrennungsanlage zur Beseitigung der Verpackung und Abtötung unerwünschter Lebewesen.

Abb. 46: Teilansicht der Laboratorien für Einfuhrkontrolle von Nutzinsekten am Entomology Research Institute in Belleville, Ont. (Kanada). Auf dem Dach Luftfilter und Austrittsöffnungen für angesaugte bzw. verbrauchte Luft. Die Fenster sind verdrahtet und können nicht geöffnet werden. (Orig.)

Abb. 47: Blick in ein Empfangslaboratorium für Entomophagen (Entomology Research Institute for Biological Control, Belleville, Ont., Kanada). Auf dem Regal Zuchtkästen für Puppenparasiten mit Schlüpfgläsern, darunter Einzelzuchten in Glasröhren und frisch eingetroffenes Material in Blechschachtel. (Orig.)

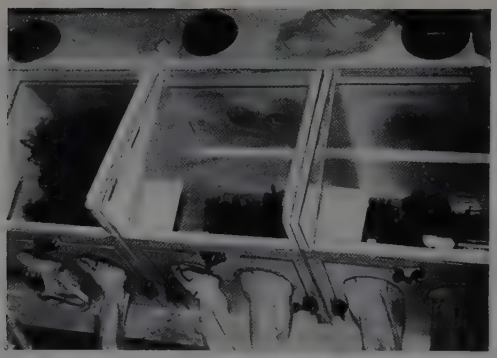


Abb. 48: Aufsicht des am Department of Biological Control, University of California, entwickelten Käfigs für entomophage Insekten. An der Rückwand stoffbespannte Öffnungen für den Austritt von abgesaugter Luft; Ventilatoren im überdeckten Gang hinter den Käfigen. Vorn Armlöcher mit Stoffmanschetten. (Orig.)

Diesem Ideal entspricht am ehesten die Einfuhr-Kontrollstation des Entomology Research Institute for Biological Control, Belleville, Ont., des Research Branch, Dept. of Agriculture, Kanada (6). Sie ist durch einen unterirdischen Gang mit dem Hauptgebäude verbunden und enthält 40 klimatisierte Räume (Abb. 46). Weitere gut ausgestattete derartige Quarantänestellen befinden sich z. B. in Riverside und in Albany (Dept. Biological Control, University of California) sowie in Hawaii (vgl. 1, c).

$\beta\beta$) Geräte zur Zucht der Entomophagen

Die Geräte zur Zucht der Entomophagen müssen sich ganz nach deren Bedürfnissen richten. Sehr häufig sind Einzelzuchten, die sich gut in Glasröhrchen durchführen lassen, die mit je einer Lage aus Stoff und aus Drahtgaze verschlossen sind (Belleville). Kleine Gruppen von Parasiten, die schlüpfen sollen, lassen sich in allseitig geschlossenen mittelgroßen Pappbehältern züchten und sammeln sich dann, vom Licht angelockt, in eingesteckten Glasröhren (Abb. 47). Sehr praktisch sind die in Kalifornien konstruierten insektendichten Käfige mit zwei, durch Stoffmanschetten abgedichteten Öffnungen zum Hineinstecken der Arme (Abb. 48). Sie lassen sich übereinander stellen und eignen sich, da sie selbst insektendicht sind, zum Arbeiten in nicht voll abgedichteten Räumen und zum Erhalten reiner Wirts-

Abb. 49: Einfuhrkontrolle von Nutzinsekten. Blick in das Quarantäne-Insektarium in Riverside (University of California, Department of Biological Control) mit Zuchten von parasitierten Schildläusen an Kartoffel und Melone. Rechts mit Wachs aufgeklebte Kleingefäße zur Isolierung von Zuchten. (Orig.)

und Parasitenzuchten. Für jeden Zweck und jede Entomophagen-Gruppe lassen sich speziell geeignete Käfige anfertigen. Abb. 49 aus dem Quarantäne-Laboratorium in Riverside zeigt einige Beispiele für Schildläuse und ihre Parasiten. Weitere Hinweise bei (293, 303, 411).

γγ) Verfahren beim Empfang

Das Verfahren beim Empfang und bei der Prüfung ankommender Sendungen (11, 224, 411) verlangt eine klare Organisation. Die Verantwortung des Leiters eines solchen Insektariums ist groß, und er kann sie nur übernehmen, wenn alle gegebenen Vorschriften strikt eingehalten werden. Die Räume selbst dürfen nur wenigen, besonders ausgebildeten Mitarbeitern zugänglich sein. Für jedes Arbeitsvorhaben ist ein Raum einzuteilen, in dem dann die jeweiligen Sendungen geöffnet werden. Der Quarantäne-Leiter muß von Flugplatz und Bahnstation aus ständig zu erreichen sein, um ankommende Transporte sofort übernehmen zu können. Der auswärtige Sammler kündigt jede Sendung telegraphisch an und erhält sofort nach Empfang Antwort über den Zustand der Tiere. Auch angeblich „reine" Nutzarthropoden-Sendungen müssen vor dem Auslassen (wenn es sich um schon bekannte Arten handelt) umgefüllt und dabei nochmals überprüft werden. Über jede Einsendung ist Buch zu führen und dabei die Nützlings- und Wirtsart(en), Ort und Zeit der Sammlung, Name des Sammlers, Transportdauer und Zustand des Materials bei der Ankunft anzugeben. Auch die Vernichtung von Verpackung, Wirtspflanzen und Schadinsekten ist zu protokollieren.

Jede neue Art eines eingesandten Nutzorganismus ist ein eigenes Problem. Meist wird es erst nach manchen Versuchen möglich sein, eine voll geeignete Zuchtmethode zu finden. Nach dem Öffnen der Sendung entscheidet der Bearbeiter, ob und unter welchen Bedingungen die Entomophagen für spätere Verwendung z. B. im Kühlraum aufzubewahren sind oder ob man sie sogleich aussetzen oder weiterzüchten darf. Kommen große Mengen parasitierter und parasitenfreier Wirte in der gleichen Sendung an, versucht man sie zu trennen und nur die parasitierten weiterzuzüchten. Bei den riesigen Einfuhren von Gelegen des Schwammspinners *(Lymantria dispar)*, die in den zwanziger Jahren von Europa nach den Vereinigten Staaten geschickt wurden, lohnte es sich, eine mechanische Vorrichtung zu konstruieren, die erst die Schuppen von den Eiern abbürstete und dann die von *Anastatus disparis* Ruschka (Eupelmidae) parasitierten Eier aussonderte; dazu ließ man diese von einer konstanten Höhe auf ein schräges Blech auffallen, wobei die parasitenfreien elastischer waren und weiter (in einen anderen Kasten) zurücksprangen als die parasitierten (54). Stammt das Material von einer entfernten Gegend, etwa der anderen Erdhalbkugel, wird es oft sehr schwierig, die Entwicklung der Entomophagen mit der ihrer Opfer richtig zu synchronisieren. In ihrer Lebensweise noch unbekannte Parasiten und Räuber müssen durchgezüchtet und auf ihr Verhalten gegenüber den in Frage kommenden Wirten bzw. Beutetieren geprüft werden. Dabei wird man die Zuchtmethoden erarbeiten, die sich später bei einer eventuellen Massenzucht verwenden lassen. Gerade wenn die Lebensweise und Synchronisierung der Entomophagen noch unbekannt sind, empfiehlt es sich, stets verschiedene Stadien der Wirte/Beutetiere vorrätig zu halten. Wie sehr zusätzlich die Wirtspflanze, die Gegenwart anderer Arten usw. mitspielen, ist im allgemeinen Teil erörtert worden (vgl. 4, a, dd). Auch die Zusammenarbeit mit Systematikern ist sicherzustellen, da die richtige Bestimmung wertvolle Hinweise über die Brauchbarkeit der betreffenden Art gibt. Proben aus allen ankommenden Sendungen sind aufzuheben. Entscheidend ist allerdings immer die durch Beobachtung festgestellte Verhaltensweise, da sich, wie schon ausgeführt, manche Rassen parasitischer Hymenopteren nur nach verhaltensmäßigen Kriterien unterscheiden lassen.

Wie oben erwähnt, ist es bei Schmarotzern vor allem notwendig, zu prüfen, ob sie primäre oder sekundäre Parasiten sind. Hierzu sind häufige Sektionen und sorgfältige Beobachtungen erforderlich. Attackieren die Entomophagen Primärparasiten, so können sie deren Erfolge verhindern oder wieder rückgängig machen. Eine Freilassung kommt

dann in der Regel nicht in Frage. Gelegentlicher Hyperparasitismus einer überwiegend primären Art, der im Insektarium manchmal leichter auftritt, ist jedoch nach Ansicht der führenden amerikanischen Fachleute kein Grund, auf die Art zu verzichten, zumal wenn der zu bekämpfende Schädling wirtschaftlich sehr wichtig ist (65). Parasiten der Prädatoren dürfen auf keinen Fall mit diesen freigelassen werden. In Kalifornien sind bisher, und zwar vor Einführung der strengen Einfuhrkontrolle auch für Nutzinsekten, nur zwei Hyperparasiten unabsichtlich angesiedelt worden: 1.) *Marietta javensis* (How.) (Aphelinidae), Sekundärschmarotzer von *Coccus hesperidum L.*, über *Coccophagus lycimnia* (Wlk.) und 2.) *Quaylea whittieri* (Gir.) (Encyrtidae), Sekundärparasit von mehreren Schildläusen über *Aphycus lounsburyi* How. und *Scutellista cyanea* Motch. Der dadurch angerichtete Schaden fiel glücklicherweise nicht zu sehr ins Gewicht. In Hawaii sind bis 1939 etwa 75 Entomophagen eingeschleppt worden, davon einige Arten als unbeabsichtigte Folge von Nützlingsimporten (36). Unter den dortigen günstigen Klimabedingungen haben auch kleinste Gruppen von unkontrollierten Ansiedlern gute Aussicht, zu überleben.

Die Entscheidung, ob eine Entomophagenart freigelassen werden darf, kann manchmal erst nach jahrelangen Studien gefällt werden. Da diese Entscheidungen unwiderruflich sind, gehört eine vorherige sorgfältige Prüfung der möglichen Folgen dazu. Stets ist es besser, einmal zu lange zu warten oder einen Parasitenstamm zu vernichten, als ein unnötiges Risiko einzugehen.

γ) Ansiedlung von Entomophagen

Das Aussetzen importierter oder gezüchteter Entomophagen zum Zwecke ihrer dauernden Ansiedlung (colonization) sollte an verschiedenen Örtlichkeiten erfolgen (67, 68, 70, 147, 411). Dabei ist außer auf die Gegenwart der Beutetiere bzw. Wirte darauf zu achten, daß topographisch, klimatisch und in der landwirtschaftlichen Nutzung unterschiedliche Gegenden berücksichtigt werden, da man bei neu eingeführten Arten nie genau voraussagen kann, welche Außenbedingungen für sie günstig sind. Es sei nur an die bei dem Abschnitt: Auswahl der einzuführenden Nützlinge besprochenen Gesichtspunkte erinnert. Ökologisch fundierte Überlegungen sollen entscheidender mitsprechen als der Wunsch, die Nützlinge zuerst am Ort des größten Schadens anzusiedeln.

αα) Zahl der Individuen

Die Zahl der Individuen, die bei derartigen Auslassungen erforderlich ist, um eine endgültige Einbürgerung (establishment) an einem Ort zu erreichen, schwankt beträchtlich; sie kann zwischen 10 und mehreren 1000 liegen. Wenn man mit der Freilassung beginnt, muß man eine willkürliche Zahl annehmen, die bei 300—500 begatteten Weibchen für Ichneumonoidea und Tachinidae, bei 1000 für Chalcidoidea und bei 100—200 für räuberische Käfer liegen mag. Später kann man die Zahl reduzieren, um die notwendige Mindestzahl zu erfahren. Am Anfang mit Material zu sparen, ist dagegen nicht lohnend. Je weniger Tiere zur Verfügung stehen, umso sorgfältiger sind polyphage Räuber, wie Mäuse, Ameisen und Spinnen, fernzuhalten.

Für Prädatoren, die man ansiedeln will, genügt meist das Aussetzen kleinerer Stammkolonien; für *Rodolia cardinalis* und *Cryptolaemus montrouzieri* meist 10 Imagines. Carabidae erfordern mehr Individuen, z. B. *Calosoma sycophanta* L. bei der Ansiedlung in New England gegen *Lymantria dispar* etwa 200 Larven je Ausgangskolonie. Folgende Zahlen seien als Beispiele für die von den Beabeitern erprobte Mindestzahl gleichzeitig auszusetzender Parasiten genannt: *Anastatus disparis* Ruschka (Eupelmidae): 1000 parasitierte Wirtseier; *Apanteles lacteicolor* Vier. und *A. melanoscelus* (Ratz.) (Braconidae): je 500 Kokons oder

Imagines; *Macrocentrus ancylivorus* Roh. (Braconidae): 200—500 Imagines; *Tiphia vernalis* Roh. (Tiphiidae): 100 begattete Weibchen. Auch bei Tachinidae liegen die in der Praxis erprobten Zahlen zwischen 100 und 1200. *Archytas cirphis* Cur. wurde auf Hawaii sogar nach der Freilassung von nur 9 Fliegen angesiedelt (475), und *Opius ilicis* Nixon (Braconidae) setzte sich in Brit. Columbia erfolgreich gegen *Phytomyza ilicis* (Curt.) durch, obwohl nur 4 Männchen und 6 Weibchen freigelassen wurden (252).

Die notwendige Zahl der auszusetzenden Entomophagen hängt auch von der Wirts-/Beute-Population ab, da die Ansiedlung bei hoher und beständiger Dichte derselben leichter gelingt als bei geringer und zurückgehender. Wenn *Tiphia*-Arten als Parasiten der Engerlinge des Japankäfers angesiedelt werden sollen, sind z. B. erfahrungsgemäß durchschnittlich mindestens 3 Larven je Quadratfuß erforderlich, damit sich 65 % der Ausgangskolonien von je 100 Parasiten halten. — Stehen nur wenig Tiere zur Ansiedlung zur Verfügung, empfiehlt es sich, diese vorübergehend einzuzwingern.

ββ) Zeitpunkt der Freilassung

Die Zeit der Freilassung von Entomophagen ist mit der Gegenwart der benötigten Beute-/Wirts-Stadien an dem betreffenden Ort zu synchronisieren. Manche ursprünglichen Fehlschläge bei Ansiedlungsversuchen gehen auf eine Vernachlässigung dieses Gesichtspunktes zurück. Er wird ganz besonders wichtig, wenn ein univoltiner Parasit nur ein Wirtsstadium angreift, das nur kurze Zeit im Jahr vorhanden ist. Die Freilassung von *Chelonus annulipes* Wesm. (Ichneumonidae), einem Ei-Larvenparasiten des Maiszünslers *(Pyrausta nubilalis)*, führte z. B. zu den besten Ansiedlungserfolgen, wenn sie eine Woche vor dem Höhepunkt der Eiablage des Wirtes stattfand (16). Um die zeitliche Koinzidenz so genau beachten zu können, müssen die Zuchten monatelang vorher geplant sein und die Wirtspopulationen im Freiland sehr genau beobachtet werden. Auch wenn Wirte und Parasiten plurivoltin sind, ist es günstig, die Nutzinsekten am Anfang einer Vegetationsperiode freizulassen, um diesen bis zum Winter bzw. bis zur Trockenzeit mit zumeist erhöhter Sterblichkeit Gelegenheit zu geben, sich während mehrerer Generationen zu vermehren.

γγ) Stadium der Entomophagen bei der Freilassung

Das Stadium der Entomophagen bei der Freilassung beeinflußt ebenfalls den Erfolg. Parasiten sind ausgesetzt worden als: (I) Eier oder junge Larven in oder an lebenden Wirten: Hierfür gibt es relativ wenig Beispiele. Verschiedene Kolonien von *Hyperecteina aldrichi* Mesnil, einer Tachine adulter Japankäfer *(Popillia japonica)*, wurden durch Freilassen von anderorts gesammelten und mit Eiern belegten Käfern gegründet. Die gleiche Technik kommt auch für andere Tachinen in Frage, deren Eier gut sichtbar sind und die man als Puparien schwierig aufbewahren kann.

(II) Erwachsene Larven oder Puppen in toten Wirten. In diesem Zustand freigesetzt, sind sie relativ gut geschützt, leichter zu transportieren und befinden sich in natürlicher Umgebung, wenn sie schlüpfen. Mehrere hundert Millionen Kokonparasiten von Blattwespen (Diprionidae), vor allem *Dahlbominus fuscipennis* (Zett.) (Eulophidae), sind auf diese Weise in Kanada ausgesetzt worden (Abb. 50). Auch bei Eiparasiten *(Trichogramma, Anastatus disparis)* ist dies das übliche Stadium der Freilassung. Durch geeignete Maßnahmen sind diese Ruhestadien gegen Räuber zu schützen.

(III) Larven oder Puppen in ihren Kokons oder Puparien sind häufig zur Ansiedlung benutzt worden, vor allem bei dem Projekt zur Bekämpfung des Schwammspinners *(Lymantria dispar)* in Nordamerika. Kokons lassen sich leichter aufbewahren als Imagines, erliegen im Freien jedoch z. T. auch noch Hyperparasiten, bevor die Imagines schlüpfen.

Abb. 50: Mit Drahtgitter geschützter Rahmen voller Kokons der Fichtenblattwespe *Diprion hercyniae* (Htg.), parasitiert von *Dahlbominus fuscipennis* (Zett.), im Gelände zur Freilassung der schlüpfenden Parasiten. Mooslage auf den Kokons, um Austrocknen zu verhindern. Eingefügt rechts oben: Geöffneter Kokon der Blattwespe, angefüllt mit Puppen des Parasiten auf den Resten des Wirtes. (Aufn. Canada Dept. Agric., Science Service, Biographic Unit)

(IV) Unbegattete Imagines sind vor allem dann freigelassen worden, wenn die Paarung in Gefangenschaft nicht gelang. Man läuft dabei jedoch Gefahr, daß sich die Tiere zerstreuen, bevor sie kopulieren.

(V) Begattete Weibchen auszusetzen ist das günstigste Verfahren und sollte heute die Regel sein. Parasitische Dipteren mit einer Eireifungsperiode von 2—3 Wochen läßt man jedoch besser erst frei, wenn diese Zeit unter günstigen Bedingungen im Laboratorium verstrichen ist. Um ein kontinuierliches Schlüpfen der folgenden Generation zu erreichen, empfiehlt es sich, die Parasiten in mehreren Schüben mit zeitlichem Abstand freizusetzen. — Räuber sind fast durchweg als Imagines angesiedelt worden, zumal frisch ausgesetzte Larvenstadien oft von Ameisen oder anderen Feinden angegriffen werden.

δδ) Witterungsbedingungen

Entomophagen, die in kühlen Temperaturen aufbewahrt worden waren, sollen vor der Freilassung ganz allmählich erwärmt werden. Imagines sollten vorher Gelegenheit zur Nahrungsaufnahme haben. Ein plötzliches Ausschütten der Nutzinsekten in volles Sonnenlicht ist zu vermeiden. Die beste Zeit zur Freilassung ist der Abend, da sich die Tiere am nächsten Morgen allmählich an die Sonne gewöhnen können. Günstig ist es, den geöffneten Käfig im Freien zu lassen, bis die Tiere selbst herausgefunden haben.

εε) Dauer der Ansiedlungsversuche

Die Dauer der Ansiedlungsversuche, die nicht sogleich gelingen, richtet sich nach den vorhandenen Kenntnissen über Biologie und Wirksamkeit der Nützlinge. Handelt es sich um eine vielversprechende Art, die im Herkunftsland und/oder an anderen Kolonisationsorten wichtig ist, lohnt sich eine längere Verfolgung des Vorhabens.

Voraussetzung dazu ist die komplette Kenntnis der Biologie, um die ökologischen Ansprüche der Art befriedigen zu können. Außerdem sind, wie schon ausgeführt, verschiedene Herkünfte zu erproben. Die Erfahrung zeigt allerdings, daß die meisten eingeführten Entomophagen, die wirtschaftliche Bedeutung erlangt haben, sich relativ schnell ansiedeln ließen und am Auslassungsort bald einen beträchtlichen Teil der Schädlinge vernichteten. Da nicht die Ansiedlung an sich, sondern die dadurch erreichte Verminderung des Schädlings das Ziel aller Maßnahmen ist, muß man sich klar werden, wie lange die Bemühungen bei mangelndem Erfolg fortzusetzen sind. Nach Clausen (70) ist das Ausbleiben einer schnellen und guten Ansiedlung ein Anzeichen für die mangelnde Eignung der betreffenden Art in der Gegend des Versuches. Nach drei Jahren erfolgloser Bemühungen um die Kolonisation könne man diese unter folgenden Voraussetzungen als aussichtslos für einen vollständigen Erfolg einstellen:

a) Die Ansiedlung ist in allen deutlich verschiedenen Klimagebieten im Wohngebiet des Schädlings versucht worden; b) die Ausgangskolonien waren umfangreich genug; c) die Auslassungen fanden zum richtigen Zeitpunkt, bezogen auf die Wirtsentwicklung, statt; d) die Stichproben-Sammlungen der Wirte waren umfangreich genug, um beginnende Ansiedlungen zu entdecken; e) Faktoren, die eine Vermehrung direkt beeinflussen (wie geschlechtsgebundene Unterschiede der Wirtsbeziehungen, vgl. S. 124) sind an dem Versagen nicht beteiligt.

Diese etwas willkürliche, aber auf großer praktischer Erfahrung aufbauende Dreijahres-Grenze ist mehrfach diskutiert worden (372, 411, 428). Einige Beispiele liegen vor, wonach später erfolgreiche Parasiten bei dem ersten Ansiedlungsversuch versagt haben sollen; dabei ist nicht klar, ob bei diesen ersten Versuchen nicht doch technische Fehler gemacht worden sind. Andere Fälle wieder scheinen eine ausnahmsweise langsame Zunahme von später dominierenden Arten zu belegen. Diesen Beispielen haften jedoch soviele Unsicherheitsfaktoren an, daß auf ihre Wiedergabe verzichtet sei.

Clausen beschränkt seine Aussage auf Entomophagen, die ohne weitere Hilfe des Menschen v o l l s t ä n d i g e n E r f o l g haben sollen, die also allein imstande sind, eine Schädlingsart unter den gegebenen Außenbedingungen kurz zu halten. Eine große Anzahl von Projekten endete jedoch mit einem T e i l e r f o l g, wobei entweder mehrere Nützlingsarten gemeinsam wirkten oder auch eine Art allein die Schäden des Phytophagen zwar erheblich minderte, sie jedoch nicht völlig unterband. Beispiele dafür sind die zur Bekämpfung von *Lymantria dispar* (372), *Popillia japonica* (148) und von *Pyrausta nubilalis* nach den Vereinigten Staaten oder von Fruchtfliegenarten nach Hawaii gebrachten Parasiten und Räuber (vgl. S. 117, 182). In all diesen Fällen ist die Dreijahres-Grenze oft überschritten worden. Nur die geduldige Weiterarbeit an den Vorhaben hat zu einem Zustand geführt, der zum Teil günstiger ist als im Herkunftsgebiet und Bekämpfungen mit technischen Methoden nur noch örtlich und zeitlich begrenzt notwendig macht. Daher ist in all den Fällen, in denen auch eine partielle Minderung der Schäden durch eingeführte Nützlinge erwünscht ist, eine Aufgabe des Vorhabens nach drei Jahren nicht anzuraten

ζζ) Sammlung nach dem Einbürgerunsversuch

Sammlungen nach dem Ansiedlungsversuch (recovery collections) dienen zwei Aufgaben: Sie sollen feststellen, (a) ob die betreffende Nützlingsart sich angesiedelt hat und (b) welchen Anteil der Schädlingsbevölkerung sie vernichtet. — (a) Die erste

Aufgabe läßt sich oft schon durch reine Beobachtung lösen, wenn z. B. gut erkennbare Räuber oder Parasiten als Imagines auftreten oder ihre Eier, Kokons, Exuvien usw. (falls charakteristisch genug) zu finden sind. Auch hier hat sich zum Anlocken der Feindarten die oben erwähnte „host exposure method", das Anbieten zuvor geschützter Phytophagen, bewährt. Manchmal werden auch Sektionen notwendig werden, um etwa bestimmte Entoparasiten-Larven zu entdecken. Der richtige Zeitpunkt für solche Sammlungen ist n a c h dem ersten Winter oder der ersten Periode ungünstiger Lebensbedingungen (Trockenzeit usw.). Da es Fälle gibt, in denen ausgesetzte Entomophagen noch einige Generationen überleben, dann aber wieder verschwinden (vgl. S. 296), ist die dauerhafte Ansiedlung immer erst nach mehreren Jahren sicher nachzuweisen. Bei der großen Aktion zur Ansiedlung von parasitischen Tiphiidae aus Ostasien zur Bekämpfung der Engerlinge des Japankäfers in den Vereinigten Staaten führte man z. B. solche Probesammlungen, die gerade hierbei sehr kostspielige Grabungen erforderten, stets erst 3 Jahre nach dem Freilassen der Schmarotzer durch. Der sicherste und einfachste Weg, die Ansiedlung von Entomophagen nachzuweisen, wird sich stets nach deren Lebensweise richten.

Diese Nachsuche hat nicht nur am Auslassungsort, sondern auch in verschiedener Entfernung von ihm stattzufinden, um die Geschwindigkeit der Ausbreitung feststellen zu können. Als „A u s b r e i t u n g s g l e i c h g e w i c h t" bezeichnet man den Zustand, in dem Auswanderung a u s einem und Einwanderung i n ein Gebiet sich die Waage halten (372). Dieser Gleichgewichtszustand ist bei den Arten mit geringer Dispersionskraft schneller erreicht als bei solchen mit starkem Ausbreitungsdrang, allerdings auf kleinerer Fläche. In dieser Zone des Ausbreitungsgleichgewichtes sind auch praktische Erfolge zuerst festzustellen. Die Kontrolle der Ansiedlung neu eingeführter Arten ist also nicht nur ein zeitliches, sondern auch ein räumliches Problem.

Ein gerade in den Anfangszeiten der biologischen Methode oft versäumter, aber unentbehrlicher Teil jedes Ansiedlungsversuches ist es, i m F a l l e d e s M i ß l i n g e n s dafür d i e G r ü n d e z u e r f a h r e n. Diese geben oft wichtige Hinweise darauf, wie sich die Technik möglicherweise verbessern läßt. Erträgt eine Nützlingsart z. B. nicht den kalten Winter, kann man die Ansiedlungsversuche in anderen Klimabezirken wiederholen. Fehlt ein unentbehrlicher Zwischenwirt für Parasiten, läßt sich dieser unter Umständen ansiedeln. Genügt die Individuenzahl der Stammkolonie bei Arten mit hoher Dispersionskraft nicht, um die Kopulation von genügend Weibchen zu sichern, wird der Ansiedlungsversuch mit mehr Tieren wiederholt. Erreicht der Parasit nur einen Teil der Wirtspopulation, kann man versuchen, die unerreichbaren Bevölkerungsteile zu verdrängen.

Ein Beispiel hierfür bietet die Ansiedlung von *Leefmansia bicolor* Wat. (Encyrtidae) auf den Talaud-Inseln gegen die dort schädliche Heuschrecke *Sexava nubila* St.; deren Gelege wurden nur parasitiert, wenn sie sich an Bäumen befanden, aber nicht im Erdboden. Durch nachträgliches Ansäen von Gräsern (*Centrosema pubescens* Benth.), welche die Vegetationsdecke dicht schlossen, ließ sich die Eiablage von *S. nubila* im Boden verhindern und die oberirdisch abgelegten Eier wurden zu 85—95 % parasitiert (154).

Die Suche nach den eigenen Versuchsfehlern, den physiologischen Toleranzgrenzen der Entomophagenart und ihren ökologisch bedingten Schwächen ist zwar oft mühsam und zeitraubend; sie bietet aber die einzige Möglichkeit, um einem Ansiedlungsversuch doch noch zum Erfolg zu verhelfen, wenn er nicht auf Anhieb gelungen ist.

Tabelle 5

Beispiele für die biologische Bekämpfung schädlicher Arthropoden durch eingeführte Arthropoden

Schädling (Familie)	Gebiet	Nützling (Familie) (nur wirksamste Arten) R = Räuber; P = Parasit	Bemerkung, Erfolg, Literaturhinweis (×× = voller Erfolg; × = Teilerfolg)
Pseudococcus citri (Risso) und andere Pseudococcidae	Kalifornien und viele andere tropische und subtropische Gebiete	*Cryptolaemus montrouzieri* Muls. (Coccinellidae), R.; *Leptomastidea abnormis* (Gir.) (Encyrtidae), P.	× (411) (s. S. 231)
Pseudococcus gahani Green (Pseudococcidae)	Kalifornien	*Coccophagus gurneyi* Comp., (Aphelinidae), P; *Tetracnemus pretiosus* Timb. (Encyrtidae), P.	×× (s. S. 120) (77)
Pseudoccocus comstocki (Kuw.) (Pseudococcidae)	USA (vor allem Ohio) Israel (?)	*Allotropa burrelli* Mues. (Platygasteridae), P; *Pseudaphycus malinus* Gahan (Encyrtidae), P; *Clausenia purpurea* Ishii (Encyrtidae), P;	×× (74)
Icerya purchasi Mask. (Margarodidae)	alle Erdteile	*Rodolia cardinalis* (Muls.) (Coccinellidae), R.	zumeist ××; s. S. 4 u. 181) (343)
Pseudaulacaspis pentagona (Targ.) (Diaspididae)	Mittelmeergebiet	*Prospaltella berlesei* (How.) (Aphelinidae), P.	×× (343)
Aonidiella citrina (Coq.) (Diaspididae)	südl. Kalifornien	*Comperiella bifasciata* How. (Japanische Rasse) (Encyrtidae), P.	×× (74) (nicht im San Joaquin Valley)
Aonidiella aurantii (Mask.) (Diaspididae)	südl. Kalifornien	*Aphytis lingnanensis* Comp. (Aphelinidae), P.	×× bis × (nur im küstennahen Gebiet) (s. S. 151)
Parlatoria oleae (Colv.) (Diaspididae)	Kalifornien	*Aphytis maculicornis* (Masi) (Persische Rasse) (Aphelinidae), P.	× (191) (s. S. 180)
Aspidiotus destructor Sign. (Diaspididae)	Fidschi-Inseln Puerto Rico	*Cryptognatha nodiceps* Marsh. (Coccinellidae), R.	×× (415)
Asterolecanium pustulans Cock. (Asterolecaniidae)	Puerto Rico	*Chilocorus cacti* L. (Coccinellidae), R.	×× (476) (s. S. 297)
Saissetia oleae (Bern.) (Coccidae)	Kalifornien	*Aphycus helvolus* Comp. (Aphelinidae), P.	×× (nur in Küstennähe) (s. S. 177 u. 181)
	südl. Peru	*Aphycus lounsburyi* How. (Aphelinidae), P.	×× (74)
Eriosoma lanigerum (Hausm.) (Aphidae)	alle Erdteile	*Aphelinus mali* (Hald.) (Aphelinidae), P.	×× und × (343) (s. S. 226)

Beispiele für die biologische Bekämpfung schädlicher Arthropoden durch eingeführte Arthropoden

Fortsetzung von Tabelle 5

Schädling (Familie)	Gebiet	Nützling (Familie) (nur wirksamste Arten) R = Räuber; P = Parasit	Bemerkung, Erfolg, Literaturhinweis (XX = voller Erfolg; X = Teilerfolg)
Aleurocanthus woglumi Ashby (Aleyrodidae)	Kuba, Westind. Inseln, Panama u. a.	*Eretmocerus serius* Silv. (Aphelinidae), P.	XX (s. S. 162)
	Mexiko	*Amitus hesperidum* Silv., Platygasteridae), P; *Prospaltella clypealis* Silv. (Aphelinidae) u. a. *Prospaltella* spp., P.	XX (außer in kleinen Gebieten an der Westküste) (s. S. 162 (73)
Perkinsiella saccharicida Kirk. (Delphacidae)	Hawaii	*Cyrtorhinus mundulus* (Bredd.) (Miridae), R.	XX (298) (s. S. 128)
Pristiphora erichsonii (Htg.) (Tenthredinidae)	Kanada, USA	*Mesoleius tenthredinis* Morley (Ichneumonidae), P.	XX außer Zentralkanada; (s. S. 142)
Diprion hercyniae (Htg.) (Tenthredinidae)	Ostkanada, nordöstl. USA.	*Drino bohemica* Mesn. (Tachinidae); *Exenterus*-Arten (Ichneumonidae), P.	XX vorwiegend durch Kernpolyedrose (s. S. 45 u. 162)
Promecotheca reichei Baly (Hispidae)	Fidschi-Inseln	*Pleurotropis parvulus* Ferr. (Eulophidae), P.	XX (s. S. 179) (416)
Gonipterus scutellatus Gyllenh. (Curculionidae)	Neuseeland, Südafrika, Mauritius	*Anaphoidea nitens* Gir. (Mymaridae), P.	XX, lokal auch X; (432)
Levuana iridescens Beth.-Baker (Zygaenidae)	Fidschi-Inseln	*Ptychomyia remota* Ald. (Tachinidae), P.	XX (s. S. 127) (433)
Plutella maculipennis (Curt.) (Hyponomeutidae)	Java	*Angitia cerophaga* (Grav.) (Ichneumonidae), P.	XX bis X (s. S. 150)
Cnidocampa flavescens (Walk.) (Limacodidae)	USA (Massachusetts)	*Chaetexorista javana* Brauer & Bergenstam (Tachinidae), P.	XX (außer nach besonders kalten Wintern) (74)
Lymantria dispar (L.) (Lymantriidae)	Oststaaten der USA	11 Hymenoptera, Diptera und Coleoptera (9 P und 2 R).	X (s. S. 173) (73, 372)
Pieris rapae (L.) (Pieridae)	Neuseeland	*Pteromalus puparum* (L.) (Pteromalidae), P.	XX bis X (74)
Ceratitis capitata (Wied.) (Tephritidae)	Hawaii	*Diachasma tryoni* (Cameron) (Braconidae), P.	X (s. S. 182) (72)
Dacus dorsalis Hend. (Tephritidae)	Hawaii	*Opius oophilus* Fullaway (Braconidae), P.	X (s. S. 182) (72)

(b) Der Erfolg einer Kolonisation eingeführter Nutzarthropoden hängt davon ab, ob es ihnen gelingt, die Dichte der Schädlingsbevölkerung unter der Schwelle wirtschaftlicher Bedeutung zu halten. Wenn gleich nach der Ansiedlung der Antagonisten die Schädlinge nahezu vollständig verschwinden, und wenn dies nur dort der Fall ist, wo die Nützlinge sich angesiedelt haben, ist der Fall klar und man kann auf weitere Erhebungen verzichten. Gewöhnlich werden sich die Dinge aber nicht so einfach übersehen lassen. Um zu erfahren, welche tatsächliche Wirkung die kolonisierten Entomophagen ausüben, haben sich verschiedene Verfahren der Erfolgskontrolle eingebürgert; sie werden, da sie für alle Typen der Verwendung von Nutzarthropoden gleich sind, am Ende dieses Kapitels besprochen (S. 237 ff.).

ηη) Beispiele:

Es gibt nur sehr wenig neuere umfassende Berichte über die Ergebnisse, die durch Ansiedlung fremder Nutzarthropoden erzielt worden sind. Einigermaßen vollständig berichten über die ganz oder teilweise gelungenen Versuche SWEETMAN (411), mit Auswahl CLAUSEN (74). An regionalen Berichten seien genannt solche über Kanada (14), die kontinentalen Vereinigten Staaten (73), Hawaii (298, 300), die Fidschi-Inseln (288), West-Australien (221), Neuseeland (270), Indonesien (226), Ägypten (227), Rußland (332) und Europa (162 a). Die nebenstehende tabellarische Übersicht enthält einige bemerkenswerte Beispiele für vollständig oder nur teilweise gelungene Aktionen, zur biologischen Bekämpfung von schädlichen Gliedertieren fremde Nutzarthropoden einzuführen. Unter vollen Erfolgen verstehen wir dabei solche Fälle, in denen keine weiteren Bekämpfungsmaßnahmen notwendig waren, unter Teilerfolgen die Fälle, die mehr oder weniger oft noch zusätzliche andere Abwehrmethoden erfordern.

cc) Verwendung einheimischer und importierter Entomophagen

α) Erhaltung und Förderung bestimmter Nutzarthropoden

Intensiver Anbau von Kulturpflanzen und regelmäßige Maßnahmen des technischen (mechanischen und vor allem chemischen) Pflanzenschutzes hindern biotische Begrenzungsfaktoren gewöhnlich an ihrer vollen Entfaltung. Im Sinne der einleitend gegebenen Definition (vgl. S. 1) besteht biologische Bekämpfung in Kulturbiotopen nun nicht etwa darin, daß man auf menschliche Eingriffe verzichtet und alles sich selbst überläßt. Vielmehr bezweckt die Manipulation des „natürlichen Gleichgewichtes", die wir als das Wesen der biologischen Verfahren kennengelernt hatten, die Erhaltung und Förderung solcher Feindarten, die sich unter den gegebenen Bedingungen als besonders wirksam erweisen. FLANDERS (146) umreißt das Problem folgendermaßen: „Von einer biologischen Bekämpfung von Insekten und Pflanzen, die durch Einschränkung ihrer Feinde infolge kultureller Verfahren (also dichteunabhängiger Faktoren) schädlich geworden sind, kann man dann sprechen, wenn durch geänderte Anbauverfahren eine natürliche Begrenzung der Schädlinge unterhalb der bisherigen Populationsdichte erreicht wird" (S. 784, Orig. englisch). Wesentlich ist also einmal, daß der wirtschaftende Mensch etwas Bestimmtes unternimmt, um die Regulationsfähigkeit in dem Kulturbiotop wiederherzustellen; außerdem muß er die Nützlingsarten, die er als Helfer in der Schädlingsbekämpfung erhalten und fördern will, in ihren biologischen Eigenarten kennen, um das Bestmögliche zu erreichen. Auch für diesen Abschnitt bilden daher die im allgemeinen Teil (4 a) gegebenen Hinweise die Grundlage (160, 165). Planmäßige Erhaltung und Förderung von Nutzarthropoden kommen natürlich nur dort in Frage, wo diese als einheimische oder als angesiedelte Arten tatsächlich wirksam werden können.

Verbindet man mit einer solchen Nützlingsförderung kulturelle oder chemisch/physikalische Verfahren des Pflanzenschutzes, so handelt es sich um eine Kombination oder besser Integration, wenn die volle Schutzwirkung nur durch die gleichzeitige Gemeinsamkeit der Verfahren zu erreichen ist. Mit „integrated control" werden in der angelsächsischen Literatur vor allem die biologisch/chemischen Methoden bezeichnet (vgl. unter *ββ*) (405 a). Sobald kulturelle Verfahren im Sinne einer Wirkungssteigerung von Nutzorganismen modifiziert werden, fallen aber auch sie unter den Überbegriff der Integrationsverfahren.

αα) Durch Änderung der Lebensbedingungen

Der Anbau von Kulturpflanzen in Land- und Forstwirtschaft kann — wenigstens für befristete Zeit — rationeller gestaltet werden, wenn er sich auf eine Art beschränkt, also Monokulturen schafft. Wie früher schon erwähnt (2, c, bb), leidet die Regulationsfähigkeit einer Biozönose, wenn ihre Artenzahl zurückgeht. Phytophagen finden zudem in gleichförmigen Anlagen bessere Lebensbedingungen. Im Gegensatz hierzu sind artenreiche Biozönosen meist gegen Gradationen einer Art besser abgepuffert. Dies ließ sich z. B. an Plantagen von Gambir *(Uncaria gambir)* auf Sumatra demonstrieren, die in der Nähe des Urwaldes mit seiner ausgleichenden Lebensgemeinschaft von Übervermehrungen der Raupen von *Oreta carnea* Butl. (Drepanidae) verschont blieben, in größerer Entfernung jedoch unter ihnen schwer zu leiden hatten (357). Auch die Gleichaltrigkeit künstlicher Pflanzenbestände auf großen Flächen erleichtert die Übervermehrung von Phytophagen. Manchmal schädigen auch Verfahren der Ernte, der Bewässerung, der Bodenpflege und das Vorhandensein oder Fehlen von Zwischen- und Unterkulturen den Bestand an Nutzarthropoden entscheidend. Trotzdem ist es in vielen Fällen möglich, auch in reinen Kulturbiotopen durch menschliche Maßnahmen einheimische oder importierte Nutzarthropoden zu erhalten oder zu fördern und dadurch eine neue Regulationsfähigkeit der Lebensgemeinschaft zu schaffen, die keiner Phytophagenart gestattet, sich über ein unschädliches Maß hinaus zu vermehren. Manchmal gelingt dies trotz Monokultur allein durch Einfuhr und Ansiedlung von Nutzarthropoden (vgl. vorhergehender Abschnitt). Das andere Extrem ist die manipulierte Lebensgemeinschaft in Gewächshäusern, die später getrennt besprochen wird (vgl. S. 234). Dazwischen liegen die im folgenden zu behandelnden Fälle, in denen man durch Änderung der Lebensbedingungen (agrotechnische Verfahren, Kulturmethoden) die Nützlingswirkung gesteigert oder wenigstens Vorschläge hierzu ausgearbeitet hat.

(1) Futterpflanzen für Entomophagen

Der Anbau von Nektar sezernierenden Pflanzen kann die Wirkung der von solcher Nahrung abhängigen Nutzinsekten steigern. Auf Sumatra gelang es, durch Einbringen von Nektarpflanzen *(Crotolaria, Tephrosia)* in Gambirplantagen einen wichtigen Puppenparasiten (*Brachymeria euploeae* Westw.) und (auf entwässertem Boden) eine Raubameise (*Solenopsis geminata* F.) anzulocken und zu fördern; hierdurch verschwanden langfristig die Übervermehrungen der Drepanide *Oreta carnea* Butl. und der Pyralide *Margaronia marinata* Fab. (359). — Da Tiphiidae und Scoliidae als Imagines sehr von der Gegenwart Nektar sezernierender Pflanzen oder Honigtau ausscheidender Blattläuse abhängig sind, ist mehrfach vorgeschlagen worden, solche Nahrungsquellen in Kulturbiotopen anzureichern, um die Wirksamkeit dieser Parasiten von Scarabaeiden-Larven zu erhöhen (262, 396). Dabei ist es allerdings notwendig, die von Art zu Art verschiedenen Ansprüche zu kennen.

— Entsprechende Vorschläge betreffen das Anpflanzen von *Pastinaca* und *Daucus* in Gemüsefeldern, da bei deren Vorhandensein die Tachine *Ernestia consobrina* Mg. Kohleulen *(Barathra* sp., Phalaenidae) stärker parasitiert (374). — Durch Anpflanzen von *Cordia interrupta* mit ihrer starken Nektarausscheidung läßt sich die Tätigkeit von *Apanteles marginiventris* (Cresson) (Braconidae) als Parasit von *Diatraea saccharalis* (Fabr.) an Zuckerrohr unterstützen (41).

(II) Verstecke für Entomophagen

Eier der Getreidewanze *Eurygaster integriceps* Put. sind dort stärker parasitiert, wo natürliche oder künstliche Überwinterungsverstecke (wie z. B. zerklüftete Baumrinde) den Eiparasiten *(Microphanurus semistriatus* [Nees]) (Scelionidae) zur Verfügung stehen (333). — Wenn man Reste der Zuckerrohrernte, statt sie zu verbrennen, liegen läßt, fördert man ebenfalls die Parasitenentwicklung (41, 207, 310 a). Refugien für Entomophagen, also kleine Parzellen, auf denen sie sich ungestört entwickeln können, sind mehrfach gefordert worden (190, 333, 374).

(III) Günstigere mikroklimatische Bedingungen

lassen sich für Entomophagen manchmal durch Anpflanzen von schattenspendenden Pflanzen schaffen. Die Wirkung kann direkt sein, wie bei der schattenliebenden Braconide *Euphorus helopeltidis* Ferr. als Parasit der in Teepflanzungen schädlichen Capside *Helopeltis antonii* Sign. auf Java (264). Die Beschattung kann auch indirekt die Vermehrung des Parasiten erleichtern, wenn bei Citrus-Jungpflanzen die Blattkutikula hierdurch zart bleibt und daher die minierende Raupe von *Phyllocnistis citrella* Staint dem Parasiten (*Ageniaspis* sp.) erreichbar bleibt, der durch die harte Blatthaut von Pflanzen sonniger Standorte seinen Legebohrer nicht einführen kann (448) (vgl. auch S. 150). Auch durch veränderte Bewässerung ließen sich manchmal Nutzinsekten fördern, wie Raubwanzen von *Heliothis virescens* (F.) an Baumwolle in Peru durch geringere Wassergabe (wodurch gleichzeitig auch die Wirtspflanzen *H. virescens* weniger anlockten) (474) oder die Prädatoren-Fauna der Baumwollschädlinge in Ägypten durch eine (vorgeschlagene) Bewässerung zu einem späteren Termin (467). Das Wesentliche bei dem letzten Beispiel ist eine bessere Koinzidenz von Räubern und Phytophagen durch diese Kulturmaßnahmen.

(IV) Lockpflanzen

sind manchmal ein geeignetes Mittel, um Entomophagen anzureichern. Praktisch gut erprobt ist das von Wille (474) in Peru ausgearbeitete Verfahren, zwischen jede 8. bis 10. Baumwollfurche eine Reihe Mais anzusäen, der wesentlich früher als die Baumwolle blühen muß. Am Mais legen dann die Weibchen von *Heliothis virescens* bevorzugt Eier ab, wodurch sich Raubwanzen (vor allem die Anthocoride *Paratriphleps laeviusculus* Cham.) in größerer Zahl erst am Mais ansammeln und später, wenn dieser vertrocknet, auf Baumwolle überwandern. — Durch spät gesäte Erbsen ließen sich Eiparasiten *(Lathromeris senex* [Grese]) (Trichogrammatidae) von *Bruchus pisorum* (L.) anlocken (232). — Erhalten oder Anlegen einer dichten Pflanzendecke unter Kokospalmen in Ostafrika bewirkte, daß sich die räuberische Ameise *Oecophylla longinoda* (Latr.) ansiedelte, an dem Honigtau verschiedener Homoptera dieses Unterwuchses genügend Vorratsnahrung fand und den sie bekriegenden Raubameisen überlegen blieb; zugleich reduzierte *O. longinoda* sehr wirksam eine auf den Palmen schädliche Coreide *(Pseudotheraptus wayi* [Brown]) (452) (vgl. S. 119).

(V) Andere Pflanzenwirkung

Durch Anlegen eines dichten Graswuchses lassen sich Phytophagen, die vegetationsarme Stellen suchen, in Bereiche verdrängen, in denen sie ihren Feinden besser erreichbar werden. Ein Beispiel dafür ist der schon beschriebene Fall der Heuschrecke *Sexava nubila* St. in Indonesien (vgl. S. 198). Im Prinzip ähnlich ist die von Rubcov (333) geschilderte Verminderung von sibirischen Heuschrecken-Arten, die darauf beruht, daß man Zonen mit

dichter Grasdecke und dadurch feucht gehaltener Erde schafft, in der Parasiten und pilzliche Krankheitserreger besser gedeihen (vgl. S. 151). — Die an Hülsenfrüchten schädlichen Raupen von *Etiella zinckenella* (Treit.) (Pyralidae) werden von 41 Parasitenarten attackiert, die jedoch nur auf Feldern wirksam sind, nicht auf den von der gleichen Art auch angenommenen Sträuchern *(Caragana arborescens)* und Bäumen *(Robinia pseudacacia)*. Wenn man diese Wirtspflanzen beseitigt, verhindert man den massiven Befall, der von dort aus auf die Feldfrüchte übergreift und dem dann die Parasiten nicht mehr gewachsen sind (444).

(VI) Bodenbearbeitung

Durch Aufreißen der Bodendecke im Kiefernforst gelang es, die Kokons von *Diprion pini* (L.) den Schlupfwespen besser zugänglich zu machen und dadurch eine höhere Parasitierung zu erzielen (338). Die Entwicklung von *Xenocrepis bothynoderis* Grom. (Pteromalidae), Eiparasit des Rübenderbrüßlers *(Cleonus punctiventris* [Germ.]), hängt von der Art und Tiefe ab, mit der man den Rübenschlag umpflügt, und läßt sich durch bestimmte Abänderungen beim Pflügen fördern (417, 482).

(VII) Zwischenwirte

sind für die Entwicklung von Parasiten oft notwendig (vgl. S. 135). Wenn man durch Einbringen der entsprechenden Nährpflanzen solche Phytophagen ansiedelt, lassen sich die Lebensbedingungen für Parasiten verbessern, zumal wenn dadurch der zeitweilige Mangel an Wirten behoben werden kann. So überwintern *Eupelmus urozonus* Dalm. (Eupelmidae), und andere Parasiten der Olivenfliege *(Dacus oleae* Rossi) auf Kreta bevorzugt in Larven von *Myopites stylata* (Fabr.) (Trypetidae), die in ungenutztem Unterwuchs *(Inusa viscosa)* lebt. Schonung und Verbreitung des Krautes wird daher zur biologischen Bekämpfung der Olivenfliege empfohlen (218). — In Citrus-Kulturen Kaliforniens ließ sich durch Ansäen von Gras eine deutliche Förderung der natürlichen Feinde der Milbe *Metatetranychus citri* (McG.) u. a. Arten erreichen, die darauf beruhte, daß sich nun zusätzliche Beutetiere auf dem Gras einstellten (Bereicherung der Fauna), die Bildung von Staub, der allen Mikrohymenopteren sehr schadet, unterblieb und auch das Mikroklima ausgeglichener und damit günstiger wurde (83). — Durch Anpflanzen von Efeu wird dort auch versucht, *Aphytis lingnanensis* Comp., den wichtigen Parasiten der Schildlaus *Aonidiella aurantii* (Mask.), mit Zwischenwirten zu versorgen, die man ansiedelt, wenn der genannte Wirt an Citrus zeitweilig selten wird (83). Bereits erprobt ist dort das Verfahren, durch Anpflanzen von Oleander-Hecken mit am Boden aufliegenden Zweigen neben Citrus-Plantagen Verstecke für die Schildlaus *Saissetia oleae* zu schaffen; dadurch läßt sich erreichen, daß der Wirt und damit auch der Parasit *(Aphycus helvolus)* nicht aussterben, wenn ungünstige Witterung oder die gute Suchfähigkeit des Parasiten auf den ungeschützten Citrusbäumen den Bestand gefährden (135). Weitere Beispiele bei (333, 418).

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß bereits mehrere Fälle bekannt sind, bei denen es praktisch erprobt wurde oder doch beste Aussichten bestehen, durch gezielte Maßnahmen die Lebensbedingungen der Nutzarthropoden zu verbessern und dadurch den Schaden von Phytophagen zu vermindern. Um diese Forschungsrichtung weiter ausbauen zu können, ist es notwendig, die ökologischen Untersuchungen über die Schädlinge und ihre Begrenzungsfaktoren stark zu intensivieren.

ββ) Durch Schonung bei technischer Bekämpfung

(I) Allgemeines:

Die Wirkung der Entomophagen geht nach mechanischen und chemischen Pflanzenschutzmaßnahmen häufig zurück. Über die durch Pestizide direkt und indirekt hervorgerufenen Übervermehrungen von Schadarthropoden gibt es mehrere neue Zusammenfassungen, auf die hier aus Raumgründen verwiesen sei (78, 257, 322, 323,

360, 391, 392). Dieser Beitrag soll hauptsächlich zeigen, wie sich solche Schäden vermeiden lassen. Stichwortartig sei lediglich auf die verschiedenen ungünstigen Nebenwirkungen nach der Anwendung von Chemikalien im Pflanzenschutz und auch in der Pflanzendüngung hingewiesen: Bei Arten, die bisher durch natürliche Feinde wesentlich reduziert worden sind, können kurzfristige, bald nach der Behandlung, und auch langfristige, meist erst im Laufe der Jahre kumulierende Wirkungen auftreten, wenn die wirksamen Feindarten gegen die verwendeten Mittel ebenso empfindlich oder empfindlicher sind als die bekämpften Schädlinge.

Thompson (422) nahm auf Grund von Modellberechnungen an, eine Bekämpfung schade den Parasiten nicht, solange dabei gleich viele Wirte vernichtet würden. Tatsächlich trifft jedoch jede von außen kommende Schädigung des Beziehungsgefüges von Phytophagen und Entomophagen den Parasiten, vor allem wenn er spezifisch ist, stärker als den Wirt, auch wenn zahlenmäßig beide gleich viel Verluste haben (284). Diese theoretisch abgeleitete Anschauung ließ sich auch im Versuch bestätigen (439) und hängt damit zusammen, daß mit der Populationsdichte von Wirt oder Beute auch die Aussicht des Feindes sinkt, die zur Ernährung und Vermehrung notwendige Individuenzahl zu finden. — Ergänzend sei bemerkt, daß in einigen Fällen auch nach der Behandlung von Schadinsekten mit Insektiziden deren Parasitierungsgrad zunahm; offenbar war dann, wie z. B. bei dem Pfirsichwickler *(Grapholitha molesta* [Busck]) in Südkanada, der Parasit *(Macrocentrus ancylivorus)* weniger empfindlich (in diesem Fall gegen DDT) als der Wirt (44).

Starke Vermehrung nach chemischer Bekämpfung treffen wir häufig auch bei Arten an, die vorher von ihren Feinden in Schach gehalten worden waren und daher als indifferent galten. Besonders auffällig sind Gradationen nach einer Pflanzenschutzbehandlung (resurgences) bei polyvoltinen Pflanzenfressern, die in einer Vegetationsperiode schnell zunehmen können. Die stärkere Gefährdung der Entomophagen durch Kontaktinsektizide beruht auf ihrer größeren Bewegungsaktivität und auf ihrer zumeist von vornherein gegebenen höheren Empfindlichkeit. Diese kann jedoch bei nah verwandten Arten sehr verschieden sein; Larven von *Chrysopa plorabunda* Fitch sind z. B. weitgehend resistent, solche von *C. rufilabris* Burm. hochempfindlich gegen DDT. Nach Einführung der Behandlungen mit diesem Mittel nahm die unempfindliche Art im ganzen Gebiet, auch in unbehandelten Zonen, auf Kosten der empfindlichen stark zu (313). Ripper (323) nennt 53 Schadarthropoden, bei denen nach der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln Übervermehrungen vorkamen, sowie 40 Prädatoren und 28 Parasiten, deren Empfindlichkeit gegen einige Mittel erwiesen war. Heute ließe sich diese Liste noch erheblich erweitern, und es ist nicht übertrieben zu sagen, daß wir hier eines der kritischsten Probleme des Pflanzenschutzes vor uns haben. Erst durch diese Erfahrungen haben wir gelernt, welche zumeist unsichtbare Bedeutung natürliche Feinde als Begrenzungsfaktoren phytophager Arthropoden haben. Außer Entomophagen werden auch insektentötende Pilze durch Fungizide und manche Insektizide geschädigt (vgl. S. 96).

Der Hinweis darauf, daß natürliche Feinde immer zu spät kämen, kann als allgemeingültige Regel angesichts der überraschenden Folgen ihrer Ausschaltung nicht mehr aufrecht erhalten werden, so oft er auch noch heute von den Verteidigern eines einseitig chemisch orientierten Pflanzenschutzes wiederholt werden mag. — Außerdem gibt es noch andere Gründe für diese ungünstigen Nebenwirkungen der chemischen Mittel: Sie fördern manche Phytophagen, indem sie direkt oder auf dem Weg über die Wirtspflanze eine höhere Nachkommenproduktion verursachen oder indem sie Konkurrenten beseitigen. Schließlich spielt

auch die Selektion von Schädlingsrassen, die gegen Bekämpfungsmittel unempfindlicher werden, eine entscheidende Rolle. Auch hierüber liegt eine reiche Literatur vor (57, 208, 466, 469), auf die hier verwiesen sei.

Chemische Mittel und Nutzarthropoden vertragen sich also nicht gut, ja scheinen sich manchmal gegenseitig auszuschließen. Auf die Frage, ob man mit oder ohne Chemie, mit oder ohne Nützlinge, Pflanzenschutz treiben soll, stehen theoretisch drei Wege offen (360): 1. Chemische Bekämpfung ohne Rücksicht auf Nützlinge; 2. Förderung der Nützlinge unter Verzicht auf Eingriffe mit Insektiziden; 3. Bestmögliche Kombination beider Hilfsmittel.

Die erste Möglichkeit erscheint einem aktiven Landwirt verlockend, weil er die drohenden Gefahren durch selbstgewählte Mittel beseitigen kann und nicht auf das Eingreifen von Feindarten zu warten gezwungen ist. So ist diese Art des Vorgehens heute die Regel. Wie weit sie sich auf die Dauer wird durchführen lassen, soll hier nicht erörtert werden. Nachteilig sind auf jeden Fall die hohen Kosten, da man einmal begonnene Behandlungen regelmäßig fortsetzen muß, die Möglichkeit einer hygienischen Beeinträchtigung des Erntegutes und die erwähnte Gefahr, daß immer mehr Schädlinge gegen die Mittel resistent werden. Bei der Kostenfrage ist zu bedenken, daß nicht nur die Behandlung gegen den zuerst vorhandenen Schädling in Rechnung zu stellen ist, sondern auch die Kosten für weitere Maßnahmen, die durch die erste induziert worden sind (400).

Der zweite Weg, auf die chemische Bekämpfung ganz zu verzichten, wird um so eher möglich, je wirksamer die Nützlinge und andere natürliche Mortalitätsfaktoren sind, je mehr sich mit Kulturmaßnahmen erreichen läßt und je höher die wirtschaftliche Toleranzgrenze des Schädlingsbefalls liegt. Unter den natürlichen Sterblichkeitsfaktoren, die wir beeinflussen können, sei besonders die Züchtung resistenter Sorten von Kulturpflanzen genannt (292), die hier aber nicht behandelt werden soll. Der hier nur gestreifte Weg einer Erziehung gesunder, gegen Schädlinge besonders widerstandsfähiger Kulturpflanzen durch Sortenwahl oder durch Anbauverfahren stellt ein erst teilweise erschlossenes, aber durchaus vielversprechendes Forschungsgebiet dar. Es ist dort aussichtsreich, wo — wie z. B. im Wald — noch halbwegs natürliche Verhältnisse herrschen und nicht die Forderung nach andauernder qualitativer und quantitativer Höchstleistung (wie z. B. im Obstbau) den Gedanken eines krisenfesten, nachhaltigen Kulturpflanzenbestandes ganz zu verdrängen droht. — Dazu kommt die eigentliche biologische Bekämpfung im engeren Sinne, ohne Hilfe anderer Verfahren. Bezüglich der Möglichkeiten und Grenzen dieser Methoden wird auf das abschließende Kapitel verwiesen. —

Der dritte Weg, die Kombination biologischer und technischer Verfahren, sei an Hand einzelner Beispiele für die vielfältigen Möglichkeiten besprochen.

(II) Verfahren

Die Erhaltung und Förderung einheimischer oder angesiedelter Nutzarthropoden bei der chemischen Bekämpfung ist schon seit deren Einführung immer wieder einmal zufällig vorgekommen.

So zeigte sich bei den Blausäure-Begasungen zur Schildlaus-Bekämpfung in den Citrus-Kulturen Kaliforniens um die Jahrhundertwende eine bemerkenswerte Unempfindlichkeit mancher Nützlinge; eine parasitische Fliege *(Cryptochaetum iceryae* [Will.]) schlüpfte lebend aus den durch Blausäure abgetöteten Wirten *(Icerya purchasi)*, und viele Prädatoren ließen sich beim Überstreifen des Begasungszeltes über den Baum fallen und überlebten teilweise am Boden, wo die geringste Gaskonzentration herrschte (166).

Wirklich systematisch ist die Frage der Nützlingserhaltung trotz technischer Bekämpfungsmaßnahmen erst untersucht worden, nachdem die oben erwähnten ungünstigen Nebenwirkungen vor allem der chemischen Pflanzenschutz-Verfahren im Gefolge der Entdeckung von breitenwirksamen organischen Insektiziden offenkundig geworden waren. PICKETT und seine Mitarbeiter haben schon sehr früh auf diese Probleme hingewiesen und damit begonnen, auf dem Sektor des Apfelanbaues nach Auswegen aus dem Dilemma zu suchen (305, 307). Auch in Europa hat man die Gefahren erkannt (259, 358, 468) und frühzeitig neue Wege zu gehen versucht (320).

Heute gibt es eine umfangreiche Literatur über die sogenannte Kombination oder Integration biologischer und chemischer Verfahren, die oft auch als „harmonische Schädlingsbekämpfung" bezeichnet wird. Genannt seien einige neuere, zusammenfassende Arbeiten (71, 83, 151, 156, 171, 194, 258, 272, 291, 302, 308, 323, 346, 360, 391, 405 a, 449). Wie aus all diesen Arbeiten hervorgeht, muß man zuerst erforschen, ob und welche Feindarten wirksam sind, und dann die notwendigen mechanischen oder chemischen Eingriffe so schonend wie möglich vornehmen. Man hat also letztlich nicht nur nach der Wirkung eines Mittels auf einen Schädling oder einen Krankheitserreger zu fragen, sondern gleichzeitig die Gesamtwirkung auf die Biozönose zu berücksichtigen. Diese Aufgabe erfordert mindestens die gleiche, wenn nicht größere Arbeit als die Entwicklung des betreffenden Mittels selbst, und das Ergebnis läßt sich zudem nicht ohne weiteres von einem Anbau- und Klimagebiet auf andere übertragen (238, 273). Das Ziel ist, die Wirkung der Entomophagen und der technischen Maßnahmen zu addieren, was gleichzeitig auf eine bewußte Lenkung wichtiger Glieder der Lebensgemeinschaft hinausläuft. Damit werden notgedrungen höhere Anforderungen an den Landwirt oder an die ihn beratenden Pflanzenschutz-Institute gestellt. Trotzdem ist nach unserer heutigen Kenntnis der Dinge auf lange Sicht kein anderer Weg zu empfehlen, als unter Nutzung und Förderung vorhandener Gegenkräfte die technischen Eingriffe auf das Mindestmaß zu beschränken, das unter den örtlichen Bedingungen nachhaltig zu hochwertigen Erträgen führt. Folgende Verfahren haben sich einzeln und in gegenseitiger Ergänzung bisher dabei bewährt:

Vermeiden von Routinespritzungen. Am Anfang jedes Versuches, Nutzarthropoden zu schonen, steht das Bemühen, technische Bekämpfungsverfahren nur anzuwenden, wenn dies aus wirtschaftlichen Gründen unbedingt notwendig ist. Somit ist eine genaue Prognose unentbehrlich, die nicht nur die Zahl vorhandener Schadorganismen feststellt, sondern auch deren Gesundheitszustand und Befall mit natürlichen Feinden berücksichtigt. Die kritische Zahl der Schädlinge, die unter den örtlichen Bedingungen noch toleriert werden kann, muß sich auf gesunde Tiere im Stadium ihres Schadens beziehen lassen; außerdem sind, wie erwähnt (S. 206), die möglichen ungünstigen Nebenwirkungen chemischer Behandlungen mit in die Prognose einzuarbeiten. Dieses Vorgehen ist im deutschen Forstschutz schon seit längerer Zeit eingebürgert (369, 457, 485) und wird auch in den intensiver bewirtschafteten Wäldern anderer Länder praktiziert (z. B. 107, 189). — Im Obstbau ist heute jedoch vielerorts noch die Routinespritzung nach dem Kalender oder einem anerkannten Spritzplan die Regel. Um so wichtiger ist jedes Bemühen, auch hier an Hand einheitlicher Proben besser als bisher möglich Voraussagen über die tatsächlich zu erwartenden Schäden zu machen (8). In sorgfältig überwachten Apfelanlagen in der Schweiz war es möglich, ohne Ernte-

verlust auf 3/4 der sonst üblichen Insektizidspritzungen vor der Blüte und auf die erste derartige Nachblütenspritzung zu verzichten (470). In der Landwirtschaft sind Prognosen, die außer der Schädlingszahl auch die Bedeutung von ihren Feinden und die daraus resultierende Bedrohung des Erntegutes erfassen, vor allem in Kalifornien entwickelt und unter dem Namen „supervised pest control" bekanntgeworden (194, 405 a).

Diese zuerst beim Luzerneheufalter *(Colias)* bewährte „überwachte Schädlingsbekämpfung" ist durch die Mitarbeit von Entomologen möglich, die, von den Erzeugern angestellt, das Auftreten von Schädlingen in den ihnen zugeteilten Bezirken genau verfolgen. Behandelt werden nur Kulturen, in denen die natürlichen Abwehrkräfte nicht ausreichen, um Schäden zu vermeiden. Da die Routinevernichtung natürlicher Feinde vermieden wird, steigt deren Niveau und wirkt sich auch auf umliegende Gebiete sowie auf folgende Generationen aus. Jede Bekämpfungsanweisung durch den verantwortlichen Biologen ist auf ein bestimmtes Feld zugeschnitten, sowohl nach Mittel und Dosis als auch nach der Zeit der Anwendung: Frühere Ernte kann ebenfalls manchmal (trotz leichter Ertragseinbuße) rentabler sein als Insektizidanwendung. Die Unkosten für den Überwachungsdienst betragen zwischen 0.20 und 1.— Dollar je acre (0,4 ha). Bei Luzerne, Baumwolle, Tomaten, Bohnen und anderen großflächigen Kulturen hat sich dieser Dienst bewährt, so daß heute bereits über 200 000 acres derartig überwacht werden. Ähnlich ist auch die Schädlingsbekämpfung im „Ventura County" in Kalifornien mit seinen Citrusplantagen organisiert. Dort bestehen noch zusätzlich Insektarien, in denen man Nutzarthropoden züchtet, um sie aussetzen zu können, wo man sie benötigt (84).

Dosierung und Wahl der Mittel

Dosierung: Wenn man mehr von einem breitenwirksamen Pflanzenschutzmittel ausbringt, als zur Abtötung von Schadorganismen notwendig ist, erhöht man unnötigerweise die Gefahr der Nebenwirkungen. Da vor allem in Kleinbetrieben Überdosierungen immer wieder vorkommen, kann gar nicht oft genug darauf hingewiesen werden, daß im Pflanzenschutz der Satz „mehr hilft mehr" nicht nur nicht gilt, sondern in sein Gegenteil verkehrt ist. Ripper (320) zeigte schon 1944, wie man durch kurzfristige Nikotinbegasung die Masse der Aphiden *(Brevicoryne brassicae* [L.]). auf einem Kohlfeld vernichten kann, ohne ihre natürlichen Feinde (Syrphiden, Coccinelliden, Braconiden) abzutöten. Entsprechende Ergebnisse zeigten Versuche, die Konzentration von „Schradan" (Octamethylpyrophosphorsäureamid) bei der Bekämpfung der Kohlblattlaus um 20 % herabzusetzen (323). Bei den 8 Jahre lang auf riesiger Fläche durchgeführten Aktionen zur Bekämpfung des amerikanischen Tannentriebwicklers (*Choristoneura fumiferana* [Clem.]) in Nordost-Kanada ließen sich durch Verwendung einer sehr geringen Dosis (227 g DDT/acre) Verluste unter den Raupenparasiten vermeiden (453). Um die Dosierung zu finden, die einen Schädlingsbestand übrigläßt, an dem wirksame Gegenpieler existieren können und der trotzdem wirtschaftlich tragbar ist, entwickelte Ripper ein Sprühgerät, bei dem die Mittelkonzentration sich nach der logarithmischen Skala verändern läßt (logarithmic sprayer) (325).

Dabei entspricht die zurückgelegte Strecke der logarithmischen Zu- oder Abnahme der Dosis des zu erprobenden Pflanzenschutzmittels. Bei der Anwendung einigermaßen selektiver (s. unten) organischer Phosphorverbindungen ließ sich eine Dosis finden, bei der kein wirtschaftlicher Schaden mehr auftrat und doch genügend Feinde übrigblieben, um ein erneutes Hochschnellen der Populationsdichte in der gleichen Saison zu verhindern, wie es bei den Vergleichsparzellen auftrat (Versuche gegen *Brevicoryne brassicae* auf Kohlfeldern). Entsprechende Experimente gegen *Cerosipha gossypii* (Glov.) an Baumwolle im Sudan mißlangen, da dort nur Räuber auftraten, die eine hohe Blattlausdichte benötigten. Positiv

verliefen dagegen Versuche mit einem relativ selektiven systemischen Mittel (Schradan) und einem durch Überzug mit Zein vorwiegend als Fraßgift wirkenden DDT-Präparat gegen einen gemeinsamen Befall durch die erwähnte Kohlblattlaus und *Plutella maculipennis*.

Die Auswertung dieser und anderer entsprechender Versuche weist darauf hin, wie neben einer optimalen Dosis des Mittels und der Gegenwart von solchen Feindarten, die von einer geringen Wirts-/Beutedichte abhängen (vgl. S. 156), oft auch einigermaßen selektive Präparate notwendig sind. Durch die Tätigkeit natürlicher Feinde dürfte, soweit wir heute wissen, auch beim Arbeiten an der unteren Dosisgrenze die Gefahr einer Resistenzbildung nicht vergrößert werden.

Wahl der Mittel: Vom biozönotischen Standpunkt aus darf ein ideales Pflanzenschutzmittel nur gegen den zu bekämpfenden Schadorganismus wirken. Von der Praxis wird aber stets ein Präparat bevorzugt, das mehrere Krankheitserreger oder Schädlinge in einem Arbeitsgang vernichtet. Zwischen diesen divergierenden Forderungen muß ein Kompromiß gefunden werden, wenn man sich bemühen will, die Wirkung natürlicher Feinde weiterhin zu nutzen. Dieser Kompromiß entwickelt sich nach den bisherigen Erfahrungen in zwei Richtungen: Wenn eine Reihe von Behandlungen gegen mehrere Pflanzenfeinde, meist gegen Krankheitserreger, unvermeidlich ist, bemüht man sich, die Mittel zu finden, die von den wichtigsten Nutzarthropoden noch am besten toleriert werden. Sind dagegen nur einzelne Arten im Falle ihres Auftretens zu bekämpfen, greift man zu den neuerdings auch von einigen Industriefirmen entwickelten mehr oder weniger selektiven Mitteln, die also lediglich eine Schädlingsart oder eine Gruppe nah verwandter Arthropoden schädigen, nicht dagegen ihre Feinde. Dabei unterscheidet man eine physiologische und eine ökologische Selektivität (324). Physiologisch selektive Substanzen töten die Feinde weder direkt, noch indirekt beim Verzehren vergifteter Beute/Wirtstiere; ökologisch selektive Mittel haben diese Eigenschaft nur deshalb, weil aus ökologischen Gründen eine direkte Einwirkung des Mittels auf die Nützlinge nicht vorkommt. Dazu gehören viele systemische Mittel und auch Fraßgifte.

Das Problem der selektiven Pflanzenschutzmittel mit seinen komplexen Folgen für die Lebensgemeinschaft ist zu umfassend und zugleich allzusehr im Fluß, als daß es hier im einzelnen behandelt werden könnte (vgl. z. B. 26, 326). Die folgenden Hinweise sollen zum Verständnis der Beispielsammlung beitragen. — Über die Toxizität der Mittel gegenüber bestimmten Arthropoden entscheidet nicht nur ihre chemische Zusammensetzung, sondern auch ihre Formulierung, Konzentration, Anwendungsform und, bei der Anwendung im Freien, ihre Wirkungsdauer (s. unten). Monotoxische, nur für einen oder ganz wenige Schädlinge gefährliche Substanzen sind äußerst selten. Genannt seien als Beispiele für relativ große Selektivität: „Veratrin" aus dem Samen von *Sabadilla officinalis*, früher gegen *Panolis flammea* (Schiff.) verwendet; „Nirosan" (Tetranitrocarbazol) gegen *Clysia* und *Polychrosis* im Weinbau; „Ryania" (aus dem Stamm von *Ryania speciosa)* lähmt die Muskulatur einiger Tortriciden-Raupen und einzelner anderer Insekten (294). Zu den „gruppenspezifischen" Mitteln kann man Fraßgifte rechnen, die gewöhnlich nur auf Insekten mit beißenden Mundwerkzeugen wirken. Allerdings kommen Vergiftungen anderer Insekten, z. B. von Hymenopteren, vor, wenn sich Spuren dieses Fraßgiftes im Honigtau der Blattläuse absetzen und mit ihm aufgeleckt werden. Interessant ist der Versuch, ein typisches nichtselektives Berührungsgift wie DDT durch Einbetten kleinster Teile in Hüllsubstanzen, die sich

erst im Darm lösen, in ein Fraßgift zu verwandeln („coated DDT") (327). Wirklich „ökologisch-selektiv" ist das in Ostafrika entwickelte Verfahren, zur Bekämpfung einer an Kokospalme schädlichen Coreide (*Pseudotheraptus wayi* Brown) ein in Harz eingebettetes, spritzfähiges DDT-Präparat zu verwenden; da die DDT-Kristalle nach der Applikation nur sehr wenig aus der Harzschicht herausragen, erliegen dem Kontakt nur die Wanzen und kleine, schädliche Ameisen mit geringer „Bodenfreiheit", während die nützliche Raubameise *Oecophylla longinoda* (Latr.) hochbeinig darüber hinwegläuft (442).

Gruppenspezifisch sind auch systemische Mittel, also vor allem viele organische Phosphorverbindungen, wenn sie so appliziert werden, daß ein direkter Kontakt mit den Arthropoden des behandelten Bereiches vermieden wird (z. B. Spritzungen an den Stammfuß — Wirkung an den Blättern). Sie töten dann direkt nur Arthropoden mit saugenden Mundwerkzeugen. Indirekt können allerdings manche Prädatoren durch Verzehren so vergifteter Beutetiere geschädigt werden (1). Außerdem können systemische Mittel den Vorrat an saugenden Arthropoden so reduzieren, daß für natürliche Feinde keine Lebensmöglichkeit bleibt (306). Trotzdem liegen wertvolle Versuchsergebnisse mit selektiven systemischen Mitteln vor. Einige Mittel sind gegen zahlreiche natürliche Feinde bei Kontakt ungefährlich (z. B. das systemische Insektizid „Schradan" gegen manche Coccinellidae, Braconidae, Itonididae, Capsidae u. a. [323]; „Thiodan", ein zyklischer, schwefelhaltiger, chlorierter Kohlenwasserstoff, gegen manche Coccinellidae, Hymenoptera, Syrphidae u. a. [121] [tötet aber *Trichogramma* und räuberische Pentatomidae]; „Aramite" [Isopropyl-2-chloräthylsulfit], ein Akarizid, unwirksam gegen räuberische Typhlodromidae [216]). Neue Übersichtslisten über die Empfindlichkeit gegenüber Pflanzenschutzmitteln finden sich z. B. bei (248, 249, 323).

Beispiele: Die hier nur angedeuteten Möglichkeiten, die verschieden große und ganz unterschiedlich bedingte Selektivität bzw. Erträglichkeit mancher Mittel praktisch zu nützen, führte im Laufe der letzten Jahre zu zahlreichen gelungenen Versuchen, biologische und chemische Verfahren zu kombinieren. Dosierung und Wahl der Mittel, manchmal auch die Form der Ausbringung, erlauben es heute bereits in manchen Fällen, ohne wesentliche Schädigung der Nutzarthropoden Pflanzenschutzmittel zu verwenden. Allerdings steht die Forschung hier noch ganz am Anfang, und die Ergebnisse sind, wie erwähnt, jeweils nur für ein begrenztes Klima- und Anbaugebiet gültig. Sind zahlreiche Behandlungen in einer Saison notwendig, so hat sich ein „modifizierter Spritzplan" eingebürgert. In diesem sind auch die Fungizide nach dem Gesichtspunkt ausgewählt, möglichst wenig Verluste unter den wirksamen, also auf geringe Beutedichte eingespielten Feindarten zu versuchen. Völlig unentbehrlich ist die sorgfältige Auswahl der Mittel schließlich, wenn man im gleichen Biotop periodisch Nutzarthropoden ansiedeln will (vgl. S. 229). Solche mit der Freilassung von *Rodolia cardinalis, Lindorus lophantae* und *Cryptolaemus montrouzieri* koordinierten Spritzpläne sind z. B. für die Citruskulturen in Georgien (UdSSR) entwickelt worden (172). Die folgende Zusammenstellung nennt Beispiele für die Schonung von Feindarthropoden verschiedener Schädlinge durch geeignete Wahl der Pflanzenschutzmittel, deren Verwendung gegen dieselben oder gegen andere Schädlinge bzw. Krankheiten notwendig war.

ACARINA: *Metatetranychus ulmi* (Koch) u. a. Tetranychiden durch Verwendung von Kupfer, Kaptan, Netzschwefel als Fungizide, Nirosan gegen Traubenwickler sowie Vermeiden von Parathion in der Schweiz (Weinbau) (260, 261), durch Verwendung von Glyodin, teilweise auch Kaptan als Fungizide, Vermeiden von DDT u. a. breitenwirksamen Mitteln, dagegen Ryania gegen *Carpocapsa* in West Virginia, USA (64), in Nova Scotia, Kanada (244) (Apfelanlagen); zusätzlich Gebrauch von Nikotin und Bleiarsenat in Südwestengland (76); durch organische Fungizide und selektive Akarizide in Holland (450) (Apfelanlagen). — *Aceria*

sheldoni (Ewing) in Kalifornien durch Minimum-Spritzplan, nur Aramite oder Chlorbenzilat als Akarizid (Citrus) (83). — Modifizierte Spritzfolgen gegen eine Reihe von Schädlingen in Apfelanlagen, unter Berücksichtigung der Milben, Schildläuse und Tortriciden (West Virginia, USA) (63), Kanada (306, 308).

HOMOPTERA: *Lepidosaphes ulmi* (L.) durch Vermeiden von Schwefelspritzungen in Kanada (Apfel) (243). — *Pseudococcus*-Arten durch Mittelwahl und frühes Aussetzen von *Cryptolaemus montrouzieri* Muls. in Rußland (Citrus) (412). — *Therioaphis maculata* (Buckt.) durch Verwendung von Nikotinsulfat, Schradan und Demeton (27) oder durch niedere Dosen von Systox bzw. Phosdrin (405 a) in Kalifornien (Luzerne). — *Empoasca* sp. neben *Heliothis virescens* (F.) durch Rotenon-Verwendung in Peru (Baumwolle) (31). — *Anomis texana* Riley durch alleinige Verwendung anorganischer Insektizide in Peru (Baumwolle) (30). — *Eriosoma lanigerum* durch Gelbspritzmittel im Winter und kurzwirkende Mittel (Deutschland) (363), durch Nikotinmittel (ČSR) (370) und durch Thiodan (114) (Apfel, stets Schonung der Parasiten). —

LEPIDOPTERA: *Clysia ambiguella* (Hbn.) zur Schonung der Spinnmilben-Räuber mit Nirosan oder Fundal (1. Generation), höchstens gezielte Einzeltrauben-Behandlung mit Parathion (2. Generation) in der Schweiz (Wein) (361). — *Laphygma exempta* (Wlk.) auf Hawaii durch Gebrauch von Giftködern (Gras, Zuckerrohr) (299). — *Plutella maculipennis* und *Brevicoryne brassicae* durch Kombination von Fraßgift-DDT und Schradan in England an Kohl (vgl. auch S. 209) (325). — Verschiedene Agrotidae, Eucosmidae und Pyralidae (stalk borers) auf Java durch Verwendung von Rotenon, Kyrolit oder Ryania (Zuckerrohr) (337). —

COLEOPTERA: *Epilachna vigintioctopunctata* in Indien durch Verwendung von Calciumarsenat statt chlorierten Kohlenwasserstoffen (Kartoffel, Kürbis) (314). —

Zeitwahl. Durch die richtige Wahl des geeignetsten Zeitpunktes für die Bekämpfung lassen sich ebenfalls Nützlinge schonen. Ganz allgemein handelt es sich bei dem in der angelsächsischen Literatur als „timing" bezeichneten Vorgehen darum, die (nicht-selektiven) Pflanzenschutzmittel zu einer Zeit auszubringen, in der keine oder keine wichtigen Nutzarthropoden von ihnen erreicht werden können. Dabei kommt es also darauf an, die Phänologie von Phytophagen und ihren Feinden genau zu kennen sowie die Wirkungsdauer der verwendeten Mittel auf die verfügbare nützlingsarme Zeit abzustimmen. Die Verwendung von Giften mit kurzer Wirkungsdauer hat sich im allgemeinen auch dann als weniger schädlich für die Wiedererholung der Nutzarthropoden-Fauna erwiesen, wenn die Wirkung kurzfristig sehr durchschlagend ist. Voraussetzung dazu ist allerdings, daß sich laufend neue Entomophagen einfinden können, entweder aus einer Reserve unangreifbarer Entwicklungsstadien oder aus unbehandelten Nachbarbiotopen.

Folgende Beispiele für die Schonung wichtiger Entomophagen durch richtige Zeitwahl seien genannt: DDT-Bestäubungen der Nonne (*Lymantria monacha* [L.]) in Thüringen zur Zeit des ersten Larvenstadiums erfaßten zwar nicht alle Raupen, verschonten aber die zwei Wochen später erst aus dem Boden schlüpfenden Tachinen *(Parasetigena silvestris* [Rob.-Desv.]) und ermöglichten ein Ende der Gradation durch Parasitenwirkung (168). — Der relativ entomophagenfreie Zeitraum ist oft auch bei nah verwandten Schädlingen verschieden lang. Bei *Thaumetopoea processionea* (L.) lagen 1951 26 Tage zwischen dem Schlüpfen aller Erstlarven und dem Erscheinen des wichtigsten Parasiten (Tachine *Carcelia processioneae* [Ratz]) zur Zeit der L_3; bei *T. pityocampa* (Schiff.) betrug die entsprechende Zeitspanne, bis bei diesem Prozessionsspinner die Tachine *Phryxe caudata* Rond. auftrat, lediglich 2 Tage. Nur bei *T. processionea* kann man daher die feindarme Zeit zu einer Insektizidbehandlung nutzen (37).

Durch Verlegen des Behandlungszeitpunktes auf eine möglichst günstige feindarme Zeit in der Schädlingsentwicklung, manchmal auch verbunden mit einer Verwendung kurzwirkender Mittel, ließen sich ferner die Feinde folgender Arten weitgehend verschonen oder es wurden Anregungen dafür gegeben (*): *Cerosipha gossypii* (Glov.) (267); *Lecanium prui-*

nosum Coq., *L. corni* Bouché und *L. cerasorum* (Kll.) (266); *Coccus pseudomagnoliarum* (Kuw.) und *C. hesperidum* L. (409); *Eriosoma lanigerum* Hausm. (451, 363); *Eurygaster integriceps* Put. *(350); *Pristiphora abietina* (Christ) (304); *Malacosoma neustria* (L.) (331, 246); *Cacoecia rosana* (L.) (9); *Dendrolimus pini* (L.) (340); *Lymantria dispar* (L.) *(348); *Rhagoletis cerasi* L. *(446); *Pegomyia hyoscyami* (Panz.) *(174).

Die sorgfältige Wahl parasitenfreier Zeiten für die Bekämpfung kann durch Verwendung zu hoher Konzentration lang wirkender Kontaktinsektizide (z. B. DDT) entwertet werden (z. B. bei *Choristoneura murinana* [Hbn.]) (164). Besonders wichtig wird die Wahl des geeigneten Zeitpunktes für eine chemische Bekämpfung, wenn man im gleichen Gebiet Nutzarthropoden ausgesetzt hat (z. B. *Cryptolaemus montrouzieri* Muls. gegen *Pseudococcus*-Arten [412]; *Macrocentrus ancylivorus* Roh. gegen *Grapholitha molesta* [Busck] [52]). Der richtige Zeitpunkt kann sich auch auf den Stand der Gradation beziehen, indem zu frühes Eingreifen die Entwicklung der natürlichen Feinde abstoppt (Beispiel: *Plutella maculipennis* [Curt.] an Kohl in Südafrika [438]). Aus diesem Grund gehört es mit zu den Hauptaufgaben der oben besprochenen „überwachten Schädlingsbekämpfung", für technische Bekämpfungsmaßnahmen die optimale Zeit innerhalb einer Generation oder einer Gradation des Schädlings festzulegen.

Örtliche Konzentration. Die schädliche Wirkung unspezifischer technischer Verfahren, vor allem polyvalenter Pflanzenschutzmittel, läßt sich durch Applikation auf eng umschriebene Bezirke (Punktbehandlung) mildern. Gesteigert wird diese biozönoseschonende Wirkung, wenn die behandelten Partien mehr im Bewegungsbereich der Phytophagen als dem der Entomophagen liegen. Beispiele dafür sind: Die bekannten Leimringe zum Schutz vor dem Aufwandern flugunfähiger Frostspanner-Weibchen (Geometridae). — Die Ringbegiftung von Stämmen gegen Raupen, die im Laufe ihrer Entwicklung aufbaumen müssen *(Dendrolimus pini* [L.]) (169). — Die Spritzung von einzelnen Weintrauben zur Bekämpfung von Tortriciden im Sommer, wenn sonst die Gefahr besteht, durch eine allgemeine Behandlung des ganzen Stockes die Feinde von Spinnmilben *(Metatetranychus ulmi)* zu vernichten und damit eine Milbenkalamität auszulösen (260). — Die jahrelang mit bestem Erfolg durchgeführte Teilbehandlung von Citrus-Anlagen, wobei alle 6 Monate jede 3. Baumreihe mit Mineralöl zur Bekämpfung der „purple scale" (*Lepidosaphes beckii* [Newm.]) bespritzt und dadurch auf den unbehandelten Reihen der nicht ganz ausreichende Parasitenbestand (*Aphytis lepidosaphes* Comp.) geschont wurde. Dem gleichen Zweck diente auch die alleinige Behandlung der Nordhälfte der Bäume, da sich auf dieser 90% der Schildläuse befanden (83). Ein Drittel bzw. die Hälfte des Biotops blieb somit giftfrei und diente als Reservat für Entomophagen. — Im Prinzip ähnlich ließen sich natürliche Feinde von Rübenblattläusen (*Aphis fabae* Scop.) bei Spritzungen mit „Schradan" schonen, indem behandelte mit nichtbehandelten Streifen wechselten (321).

Um eine wirkliche Integration biologischer und chemischer Bekämpfung durch räumliche Mittelkonzentration handelt es sich nur, wenn man hierdurch die Wirkung ganz bestimmter, als wichtig erkannter Feindarten unterstützt. Auch eine weniger „gezielte" Maßnahme kann manchmal biotische Begrenzungsfaktoren fördern, wenn nur erreicht wird, daß die (unspezifische) technische Bekämpfung einen möglichst kleinen räumlichen Bereich erfaßt. Hierzu gehört der Vorschlag, in finnischen Wäldern harmlose Borkenkäfer *(Hylurgops palliatus* Gyll.) als Zwischenwirte für Parasiten schädlicher Arten zu erhalten, indem man schwache Sortimente bei der Entrindung übrigläßt (287). Genannt sei ferner die Begiftung von Fruchtfliegen (*Dacus cucurbitae* Coq.) auf Hawaii in ihrem Übernachtungsquartier abseits der Felder, auf denen sie tagsüber Eier ablegen (286). Auch die aus Sparsamkeitsgründen und wegen einfacher Handhabung heute übliche Inkrustierung von Samen mit lang wirksamen, die heranwachsende Pflanze vor Schädlingsfraß schützenden Insektiziden dürfte für die Erhaltung der Feindfauna günstiger sein als eine Bodenbegiftung; manchmal sprechen

allerdings hygienische Bedenken gegen diese Behandlung. In den gleichen Zusammenhang gehört jede räumlich konzentrierte Anwendung polyvalenter Insektizide, wie das Sprühen von Kontaktinsektiziden nur auf die Gipfelknospen von Kiefern zur Bekämpfung des Kieferntriebwicklers (*Rhyacionia buoliana* [Schiff.]) (271); das Tauchen oder Einstäuben der Wurzelregion beim Einpflanzen junger Koniferen zur Abwehr von Rüsselkäfern und Engerlingen; das Ausbringen systemischer Mittel an den Stamm oder die Wurzelregion zur Abtötung von Schadarthropoden an anderen Pflanzenteilen. — Eine weitere, noch wenig genutzte Möglichkeit zur räumlichen Konzentration der Mittelwirkung ist die kombinierte Verwendung von Giften und Lockstoffen. Außer den natürlichen Attraktivsubstanzen der Nahrung (Verwendung begifteter Fangkloben für Rüsselkäfer) eignen sich deren Auszüge (233) sowie empirisch gefundene Stoffe für die Anlockung mancher Insekten, die dann am gleichen Ort auch begiftet werden können (Giftköder für Fruchtfliegen) (98, 401). Noch wirksamer sind die artspezifischen, von den Tieren selbst erzeugten Lockstoffe, die zu den sogenannten Pheromonen gehören (58, 231). Nachdem bei einem Sexualduftstoff die Konstitution aufgeklärt ist *(Bombyx mori)*, dürfte Aussicht bestehen, später auch synthetisierte Pheromone als wertvolle Hilfe einer biozönoseschonenden Schädlingsbekämpfung in die Hand zu bekommen. — Schließlich sind auch optische (Lichtfallen) und akustische Lockmittel bekannt. Die Verwendung all dieser erprobten oder sich entwickelnden Möglichkeiten kann zu einer stärkeren räumlichen Konzentration der technischen Bekämpfung führen.

Das Wesen einer räumlichen Konzentration technischer Bekämpfungsmaßnahmen wird besonders deutlich beim Vergleich mit dem entgegengesetzten Extrem, der großflächigen Behandlung ganzer Landschaftsteile vom Flugzeug aus. Wie oben schon erwähnt, gefährdet diese Applikationsform breitenwirksamer, lang anhaltender Mittel die Erholung der Biozönose besonders, da es keine unbehandelten Refugien in der Nähe mehr gibt, aus denen Nützlinge wieder einwandern können. Dazu kommt die Gefährdung benachbarter, im „Gleichgewicht" befindlicher Ökosysteme durch abgetriebene Insektizidwolken (Beispiele bei 323, 391).

Übrige Verfahren. Der Vollständigkeit wegen seien noch weitere Möglichkeiten einer Integration biologischer Wirkung mit technischen Bekämpfungsmaßnahmen erwähnt, die nicht zu den bisher behandelten Gruppen gehören. Die Verwendung von Repellents (Schreckstoffen) erlaubt es, Schädlinge von den zu schützenden Objekten abzuhalten, ohne ihren Feinden zu schaden. Die meisten Arbeiten handeln über die Abwehr von Blutsaugern und von Vorratsschädlingen (99). Was auf dem Gebiet des Pflanzenschutzes bisher bekannt geworden ist, gehört überwiegend zu der hier nicht näher behandelten Zucht resistenter Kulturpflanzen. Erste Hinweise auf das Vorkommen von arteigenen Schreckstoffen liegen jedoch auch bei Arthropoden vor (202). — Ein weiterer Sonderfall, bisher in kleinem Umfang gegen den Eichenwickler (*Tortrix viridana* L.) erprobt, ist eine chemische Beeinflussung der Wirtspflanze mit dem Ziel, die für den Schädling lebenswichtige zeitliche Koinzidenz von Pflanzenentwicklung und eigener Aktivität zu zerstören. Spritzungen mit Maleinsäurehydrazid verzögern das Knospenaustreiben, so daß junge Eichenwicklerraupen nicht in sie eindringen können und verhungern (366). Eine tödliche Inkoinzidenz läßt sich bei *Coleophora laricella* (Hbn.) durch Spritzen der Lärchen mit Dinitro-o-kresol-Mitteln erreichen, wonach die Nadeln abfallen, bevor noch die Raupen Säckchen für den Winter gesponnen haben (56). — Solche Verfahren sind nur möglich, wenn die Schädlinge in einem bestimmten Stadium streng an den Wachstumsrhythmus ihrer Wirtspflanze angepaßt sind und die Wachstumsprozesse der Pflanze entweder so stark gehemmt oder so sehr beschleunigt werden können, daß die Schädlinge nicht durch Hungern oder Übergehen auf eine Ersatznahrung die kritische Periode zu überbrücken vermögen.

Folgende drei weitere Möglichkeiten, Nutzorganismen und Schädlingsbekämpfungsmittel am gleichen Ort einzusetzen, werden in eigenen Abschnitten besprochen: Die Kombination von pathogenen Mikroorganismen und Pestiziden (s. S. 52); die Zucht insektizid-resistenter Entomophagen (s. S. 224); die regelmäßige Wiederansiedlung von Entomophagen nach ihrer Vernichtung durch Pflanzenschutzmittel (s. S. 233).

Abwehr schädlicher Ameisen. Dieser Abschnitt nimmt innerhalb der Integrations-Verfahren insofern eine Sonderstellung ein, als hier Insektizide nicht gegen direkte Pflanzenschädlinge, sondern gegen Feinde von Nutzinsekten verwendet werden. Wie schon im allgemeinen Teil erörtert (s. S. 119), sind zahlreiche Ameisenarten (Formicidae) in der Lage, honigtauspendende Homopteren vor ihren natürlichen Feinden zu schützen (145). Der einfachste Weg zur Verminderung der von Ameisen bewachten Blatt- und Schildläuse ist es daher, durch mechanische (Leimring) oder chemische (Giftring) Verfahren die Beschützer der Schädlinge von den betreffenden Bäumen abzuhalten.

Praktische Erfolge mit diesem Verfahren liegen bei der Schildlausbekämpfung vor. In Kalifornien wird die etwa 1900 eingeschleppte Argentinische Raubameise *(Iridomyrmex humilis* Mayr) am schädlichsten, vor allem an Pflanzen mit *Pseudococcus citri* (Risso). Besonders stark reagiert auch die „yellow scale" *(Aonidiella citrina* [Coq.]) auf Ameisenbesuch, obwohl sie keinen Honigtau ausscheidet; ihr wichtigster Parasit, *Comperiella bifasciata* How., muß am Wirt saugen und legt seine Eier sehr langsam ab, so daß er von Ameisen stark gestört wird (145). Die erwähnte Raubameise ließ sich in Kalifornien (86) durch Bestäuben des Bodens rings um den Stammfuß mit 5 %igem Chlordan-Staub und in Weinbergen Südafrikas (111) durch Aufstreuen einer Mischung von Sand mit Aldrin, Dieldrin oder Chlordan von der Pflege der Schmierläuse (*P. citri*) abhalten. In Südafrika sind zumeist die Ameisen *Anoplolepis custodiens* Smith für die Zunahme von *Aonidiella aurantii* und *Coccus hesperidum* L. sowie *Pheidole megacephala* (F.) für Übervermehrungen von *A. aurantii,* beide an Citrusbäumen, verantwortlich. Giftringe am Stamm aus DDT in Leinöl blieben 5 Monate lang wirksam und führten zu einer permanenten Niederhaltung der Schildläuse durch ihre natürlichen Feinde. Im gleichen Sinne wirkten auch andere Abwehrverfahren wie Auflockern und Bepflanzen des Bodens (406, 407).

β) Zucht von Entomophagen

In früheren Abschnitten waren bereits die Grundlagen der Entomophagen-Biologie (Einfluß von Wirt, Nahrung und Klima [S. 133]) und die Einzelzucht besprochen worden, die zur Beurteilung der Lebensweise und Brauchbarkeit von Nutzarthropoden erforderlich sind (S. 177). Im folgenden sind noch abzuhandeln: die Technik der Massenzucht und die Selektion verbesserter Stämme.

αα) Massenzucht

Große Mengen von Entomophagen werden benötigt, wenn man sie nach ihrer Einfuhr oder nach lokaler Ausrottung in einem Gebiet neu bzw. wieder ansiedeln und wenn man ihre Ausbreitung beschleunigen will. Viele Methoden der Massenzucht sind in Kalifornien erarbeitet worden. Zusammenfassende Darstellungen stammen von: Flanders (136, 140, 142), Simmonds (376), Sweetman (411) u. a. (12), denen wir hier folgen. Die einzelnen Schritte einer vollständigen Zucht lassen sich bezeichnen als: a) Beschaffen einer für die Massenzucht des Wirtes oder der Beute geeigneten Nahrung; b) Finden eines leicht züchtbaren und vom Nützling angenommenen Wirtes; c) Bereitstellen der Zuchtbedingungen, welche bei geringsten Kosten die meisten und bestqualifizierten Entomophagen liefern; d) Synchronisation der Zucht mit den Erfordernissen im Freiland. — Obwohl alle diese Punkte nicht leicht zu erfüllende Forderungen darstellen, entstehen doch erfahrungsgemäß die größten Schwierigkeiten bei der dauernden Massenzucht von Wirten bzw. Beutetieren (a und b).

(I) Herkunft und Art der Wirte/Beutetiere

Sammelt man die Wirte im Freiland, so umgeht man die erste Schwierigkeit. Dies läßt sich durchführen, wenn man die Tiere leicht und schnell beschaffen kann. Beispiele: Eigelege des Schwammspinners *(Lymantria dispar)* (79), Larven des Ohrwurms *(Forficula auricularia* L.), die sich gern in künstlichen Verstecken sammeln (175); die Imagines der Asiatischen Getreidewanze (*Eurygaster integriceps* Put.) im Winterlager, von der man allerdings in Zuchten nur die abgelegten Eier verwendet (3, 225, 483 a); Kokons von Fichtenblattwespen *(Diprion hercyniae* [Htg.]); die Kokons dieser Blattwespen dienten für die größte, je mit Freiland-Wirten durchgeführte Massenzucht von Parasiten zur Vermehrung von aus Europa nach Kanada eingeführten Schlupfwespen (vor allem: *Dahlbominus fuscipennis* [Zett.] [Eulophidae]) (13, 472). Jeder Kokon der Fichtenblattwespe kam mit einem begatteten Parasiten-Weibchen in eine Glasröhre. Alle Nachkommen eines Weibchens können sich an einem Wirtskokon entwickeln. Dabei betreuten 20 Arbeiter eine wöchentliche Parasitenproduktion von 2 Millionen Tieren. — Genannt sei hier schließlich noch die Königinnenzucht bei der Roten Waldameise *(Formica rufa),* die im wesentlichen darin besteht, die in einem natürlichen Ameisennest im Freiland großgewordenen und ausfliegenden Geschlechtstiere unter einem Fangzelt zu konzentrieren und am oberen Zeltende abzufangen. Die begatteten Königinnen werden dann zur künstlichen Koloniegründung von polygynen Arten dieser Gruppe verwendet (vgl. S. 228) (178, 179).

Im Laboratorium gezüchtete natürliche Wirte verwendet man seit 1916 (Massenzucht von *Pseudococcus* an Kartoffelkeimen, als Beute für *Cryptolaemus montrouzieri* [385]). Heute ist das Verfahren überall eingeführt, wo man diese Marienkäfer züchtet. Im Prinzip in ähnlicher Weise vermehrt man an natürlichen Wirten z. B. *Leptomastix dactylopii* How. an *Pseudococcus citri* (Risso) (136), *Aphycus helvolus* (Comp.) an *Saissetia oleae* (Bern.) (136), *Microphanurus*-Arten an Eiern von *Eurygaster integriceps* Put. (3) u. a. Arten.

Im Laboratorium gezüchtete Ersatzwirte gebraucht man, wenn sie sich besser als die natürlichen Wirte oder Beutetiere vermehren lassen und gern angenommen werden. Beispiele: *Trichogramma*-Zuchten an Eiern von *Ephestia kuehniella* Zell., *Cimex lectularius* L. (198) und *Sitotroga cerealella* (Oliv.) (125, 393); *Macrocentrus ancylivorus* Roh. an Raupen der Kartoffelmotte *(Gnorimoschema operculella* [Zell.]) (130) (s. unten). *Chelonus contractus* Nees. und *C. annulipes* Wesm. (Ichneumonidae) an *G. operculella* (204, 240); *Loxotropa tritoma* (Thoms.) (Diapriidae) an *Drosophila melanogaster* (263) u. a. m.

Mit Simmonds (376), der viele Beispiele anführt, unterscheiden wir Ersatzwirte, die eine Eiablage von Parasit oder Räuber auslösen, von solchen, die es nicht tun, sich aber trotzdem für eine normale Entwicklung der Entomophagen eignen. Man kann das Ablegen der Eier aber auch bei dem letztgenannten Typ erreichen, wenn man dem Parasiten (z. B. *Macrocentrus ancylivorus)* den eigentlich auslösenden Stimulus, wie die Gespinste und Kotkrümel eines bevorzugten Wirtes anbietet und darunter einen sonst nicht akzeptierten Ersatzwirt *(Plodia interpunctella* [Hbn.]) verbirgt, der dann belegt wird (25). In anderen Fällen mag es günstiger sein, die Eier oder Larven des Entomophagen von einem Vorzugswirt auf einen vom Parasiten abgelehnten Ersatzwirt zu übertragen, wenn es sichergestellt ist, daß sie sich dort entwickeln können (vgl. S. 130).

(II) Die rationelle Massenzucht

Die Leistungsfähigkeit einer Massenzucht läßt sich messen an der erzeugten Anzahl Entomophagen-Weibchen, bezogen auf eine Raum- und Zeit(Arbeitsstunden)-Einheit. Im Rahmen der biologischen Eigenarten der betreffenden Arthropodenart nimmt diese Leistungsfähigkeit mit steigendem Umfang der Zucht zu, auch wenn die Nachkommenproduktion je Weibchen zurückgeht. Allgemein kann man sagen, daß sich ein Insekt mit sehr hoher Vermehrungskraft, aber geringem Nahrungsverbrauch am besten in Massen züchten läßt.

Das Zahlenverhältnis von Entomophagen zu ihren Wirten/Beutetieren am Anfang der Zucht hängt von der arteigenen Vermehrungskraft der ersteren ab. Die optimale Ausgangspopulation der Nützlinge (inoculum) muß je nach der Vermehrungspotenz der Art so beschaffen sein, daß eine maximale Zunahme in kürzester Zeit ermöglicht wird. Seine angeborene Vermehrungskraft kann z. B. ein begattetes Weibchen von *D. fuscipennis* unter günstigsten Bedingungen einer Einzelzucht (wie oben geschildert) annähernd verwirklichen. Bei den weniger guten Lebensbedingungen einer Massenzucht haben wir es mit einem geringeren Wert zu tun, der „tatsächlichen Fruchtbarkeit" (actual fecundity). Dieser Wert liegt erfahrungsgemäß zwischen 50% (*Dahlbominus fuscipennis* und *Cryptolaemus montrouzieri*), 10% (parthenogenetische *Trichogramma*) und 6% (*Macrocentrus ancylivorus*) der angeborenen Vermehrungspotenz. Bei gut geführten Zuchten entspricht die Zunahme der Nutzinsekten von einer Generation zur nächsten etwa der täglich abgelegten Eizahl eines Weibchens (142).

Ein Problem bei der Anlage rationeller Massenzuchten ist es, trotz steigender Zuchtdichte den genannten, unvermeidlichen Rückgang der tatsächlichen Vermehrungskraft möglichst nicht überhand nehmen zu lassen. Störende Umstände dabei sind vor allem: das für ein Finden der Wirte oft notwendige Duftgefälle wird zu gering, da der ganze Zuchtraum vom Wirtsduft erfüllt ist; die Entomophagen hindern sich gegenseitig durch Superparasitismus; Verstümmelung und Kannibalismus nehmen zu; Seuchen und Vorratsschädlinge treten auf. Diese typischen Umweltwiderstände bei Massenzuchten lassen sich durch geeignete Maßnahmen einschränken, vor allem durch einen schnellen zeitlichen Wechsel (turnover) von Tieren und Substrat. Man erreicht das, indem man mit gleichalten Wirts-(Beute-)Populationen arbeitet, die man nur für kurze Zeit, aber in optimaler Anzahl, dem Angriff der Nutzarthropoden aussetzt; kurze Entwicklungszeiten von Wirt und Feind sind dabei zweckmäßig. Ein weiterer Faktor, der bei bisexueller Fortpflanzung die Vermehrungskraft einschränkt, ist das Überhandnehmen der Männchen. Dies kommt in Massenzuchten von Schlupfwespen häufig vor. Es kann durch verschiedene Maßnahmen verhütet werden, die im vorhergehenden Kapitel zusammen mit den Grundlagen der Eierzeugung und des Geschlechterverhältnisses ausführlich besprochen wurden (s. S. 151). In Stichworten sind die wichtigsten Kunstgriffe: Nur begattete Weibchen zur Zucht verwenden; bevorzugte und große Wirte anbieten; nur wenig Zeit für die Angriffe der Parasiten geben; Wirte nicht zu nahe beieinander anbieten; bei Ichneumoniden nur einmalige Kopulation zulassen, was sich trotz vorhandenen Männchenüberschusses durch gedämpfte Beleuchtung erreichen läßt (132).

(III) Praktische Durchführung der Zuchten

Jede Entomophagenzucht muß „von unten", also mit der Bereitstellung des Substrates beginnen, an dem die Wirte/Beutetiere leben sollen (wenn man sie nicht, wie oben erwähnt, im Freiland sammelt). Wirtsnahrung, Wirtszucht und Entomophagenzucht sollten räumlich getrennt und zeitlich unabhängig voneinander durchführbar sein. Je nach der Dauer des Zusammentreffens von Parasiten bzw. Räubern mit ihren Wirten/Beutetieren unterscheidet man mit Flanders (142) dauernden, begrenzten und periodischen Kontakt. Welche Methode man verwendet, hängt von der

Entwicklungsgeschwindigkeit beider Populationen, den Voraussetzungen zur Eiablage und der Dauer empfindlicher Wirtsstadien ab.

Bei Dauerkontakt ist die Wirts-/Beute-Population dauernd mit ihren Feinden zusammen. Die Zucht wird durch laufende Nahrungsgabe an die Wirte aufrechterhalten. Die Anordnung muß so sein, daß die Entomophagen ihre Opfer nicht alle erreichen und somit nicht ausrotten können. Die Imagines der Nützlinge werden laufend abgesammelt bis auf einen kleinen Rest, der für weitere Vermehrung sorgt. Bei diesem Zuchttyp ohne beständige Erneuerung des Tier- und Pflanzenmaterials kommt es leicht zu Seuchenausbrüchen oder unerwünschten Vermehrungen anderer Arthropoden (Milben). Ein Beispiel für dieses Verfahren ist die Zucht von *Idechthis canescens* (Grav.) an *Ephestia kuehniella* (133).

Bei zeitlich begrenztem Kontakt wird eine Population von Parasiten oder Räubern für beschränkte Zeit mit einer Wirts-/Beute-Population zusammengebracht. Die betreffenden Entomophagen sollen bei diesem Verfahren während ihrer Entwicklung praktisch die gesamten angebotenen Nahrungstiere ausnützen. — Beispiele dafür sind die Parasiten *Macrocentrus ancylivorus* an Raupen von *Gnorimoschema operculella* (123, 239) und *Microphanurus*-Arten, die jedes Jahr zu Beginn der Zucht im Freien gesammelt werden, an Eiern von *Eurygaster integriceps* (3, 225, 483 a); die Prädatoren *Chrysopa plorabunda* Fitch an *G. operculella* (122), *Chrysopa carnea* St. an Eiern von *Phoracantha semipunctata* Fabr. (Cerambycidae) (282), die laufend entsprechend dem Nahrungsbedarf zugegeben werden, und *Cryptolaemus montrouzieri* an *Pseudococcus*-Arten, mit denen die Coccinelliden bis zur Imaginalentwicklung zusammenleben (385). Dabei lohnt es nicht immer, die Parasiten alle Eier ablegen zu lassen, wenn man sie zu diesem Zweck auf eine andere Wirtspopulation mühsam umsetzen muß *(Macrocentrus)*. Lassen sich die Parasiten nach kurzer Zeit, in der nur ein Teil der Eier abgelegt wird, jedoch leicht aussondern, wie z. B. *Aphytis lingnanensis* Comp. durch Einleiten von Kohlendioxyd/Essigaether-Gemisch in den Behälter, in dem die Eiablage an *Aspidiotus hederae* (Vallot) stattfindet (vgl. Abb. 51), so kann man sie dann anschließend im Freien auslassen (in diesem Fall gegen *Aonidiella aurantii* in Kalifornien [465 a]). Durch eine solche fraktionierte Eiablage schöpft man die Vermehrungspotenz des Parasiten besser aus und nutzt sie, wie in diesem Beispiel, zur Vermehrung und zur praktischen Bekämpfung.

Folgen mehrere Generationen von Wirten aufeinander, die jeweils kurzfristig einer gleichgroßen Parasitenpopulation ausgesetzt werden, so ist das ein sogenannter „periodischer Kontakt". Dabei kann es praktischer sein, die Wirte entweder einzeln oder in größerer Anzahl anzubieten. Beispiele für derartige Massenzuchten sind die von *Aphytis*-Arten an *Aonidiella aurantii* (137) und von *Dibrachys cavus* (Wlkr.) (Pteromalidae) an *Gnorimoschema operculella* (104). Mehrfach hat man dabei Schlupfwespen und Wirte durch eine Gazelage getrennt gehalten, wodurch die Eiablage an den Wirt nicht gehemmt wird; Beispiel: Massenzucht von *Microbracon chinensis* Szep. an Raupen von *Chilo* spec. (Pyralidae) (408). Das nur für Parasiten, nicht für Räuber geeignete Verfahren des periodischen Kontaktes ist stets dort angebracht, wo es gilt, die Vermehrungskraft der Schmarotzer völlig zu nutzen, und wo ein nur für kurze Zeit parasitierbares Wirtsstadium verwendet wird.

Abb. 51: Schrank zur Massenzucht von *Aphytis lingnanensis* Comp. In das offene Fach wird eine mit Schildläusen voll besetzte Melone eingelegt. Ö = Einlaßöffnung für Betäubungsmittel in der Mitte jeden Faches; B = unter den Melonen herausziehbarer Boden, auf den die betäubten Schlupfwespen fallen (weiteres s. Text). (Aufnahme: University of California, Department of Biological Control, Riverside.)

(IV) Technische Einzelheiten

Substrat für Wirtszuchten. Ein ideales Medium für die Produktion der Wirte enthält alle wichtigen Nährstoffe, kann das ganze Jahr über billig beschafft werden, läßt sich leicht handhaben und zersetzt sich nicht oder nur langsam. Bewährt haben sich z. B. getrocknete Früchte und Körner für Vorratsschädlinge, Sagopalme *(Cycas revoluta)* für *Pseudococcus adonidum* (L.) und *Saissetia oleae* (Bern.), Oleander und grüne Kartoffeltriebe für *S. oleae* (128), Yucca, Melonen, Kürbis und Kartoffelknollen für viele Diaspidinen, bleiche Kartoffeltriebe für *Pseudococcus,* Kartoffelknollen für Erdeulen (Phalaenidae) und *Gnorimoschema operculella.* — Für *Sitotroga cerealella* eignen sich Weizenkörner besser als Mais, da erstere nur je eine Larve beherbergen und sich somit die kannibalischen Raupen nicht in einem Korn begegnen. Die Entdeckung, daß sich *Pseudococcus*-Arten an Kartoffeltrieben (45) und zahlreiche andere Schildläuse an Knollen züchten lassen (134), war ein großer Fortschritt in der Entwicklung billiger Massenzuchten. Kartoffeln sind ideale Wirtssubstrate und lassen sich leicht lagern. Verschiedene Sorten erfüllen die verschiedenen Ansprüche, die einzelne Insektenarten stellen. Für die Massenzucht von *Anicetus ceroplastis* Ishii (Encyrtidae) war es günstig, die Schildlaus *Ceroplastes rubens* Maskell an geschälten Kartoffeln zu vermehren (414). Legt man Kartoffeln flach zwischen Drahtroste, lassen sie sich gut mit jungen Wanderlarven der Schildläuse besetzen (vgl. Abb. 52). Allerdings müssen gleichgroße, gesunde Knollen sorgfältig ausgelesen und alle vor Gebrauch begast werden, um andere Arthropoden auszuschalten. — In manchen Fällen gibt es heute bereits künstliche, standardisierte Medien für Wirtszuchten, so für die bekannte Zucht von *Drosophila*-Arten an Maismehl mit Sirup und Agar, von *Galleria mellonella* an einer Mischung von Haferflocken, Glycerin und Honig, von *Choristoneura fumiferana* an homogenisierten Tannennadeln in Agar (463) oder von Fruchtfliegen-Larven in Karottenbrei (61).

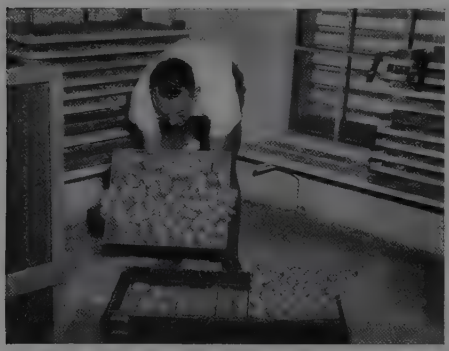


Abb. 52: Zum allseitigen Besatz durch junge Schildläuse (*Aonidiella aurantii* [Mask.]) werden flach gepackte Kartoffeln 18 Std. nach der ersten Beschickung umgedreht und erneut mit Erstlarven besetzt (Wirtszucht für die Produktion von *Aphytis*-Arten). (Nach FLANDERS, 1951 [137])

Gute Wirte/Beutetiere sollten polyphag sein, sich schnell entwickeln und vermehren, sich gegenseitig nicht anfressen, keine schützenden Ausscheidungen erzeugen und leicht von mehreren Entomophagen-Arten angenommen werden. Schildläuse sind wohl die am meisten verwendeten Wirte in Kalifornien. Die jungen Wanderlarven lassen sich unter Ausnutzung ihrer positiven Phototaxis sammeln. Bei entsprechender seitlicher Beleuchtung konzentrieren sie sich an der Licht-Schattengrenze (vgl. Abb. 53) und können von dort zur Neuinfektion abgeschüttet werden. In anderen Fällen, z. B. bei *Aspidiotus perniciosus* Comst., ist das Abpinseln der mit Wanderlarven besetzten Melonen zur Neuinfektion der praktischere Weg (354). Gute Wirtsinsekten sind ferner: *Gnorimoschema operculella,* deren Kokons sich durch chemische Behandlung leicht aus dem Sand herauslösen lassen (255), und *Sitotroga cerealella,* die im Gegensatz zu *Ephestia kuehniella* keine Gespinste außerhalb des befressenen Korns macht. Die Getreidemotte läßt sich leicht in mit Weizenkörnern gefüllten Drahtrahmen züchten, die zu mehreren in einer Plastikhülle hängen (vgl. Abb. 54). Die ausfliegenden Falter schüttelt man von dem umgebenden trichterförmigen Plastiksack, an dem sie sich nicht festhalten können, in ein Sammelgefäß, in dem sie dicht aufeinandersitzend ihre Eier legen, die abgesiebt und vor allem für die Zucht von *Trichogramma* verwendet werden (144). — Die ununterbrochene Entwicklung von Wirten, die normalerweise eine Diapause haben, läßt sich manchmal durch Langtag-Beleuchtung (389) oder durch Temperaturschocks (11) erreichen.

Bekämpfung von Krankheiten und Schadarthropoden im Insektarium. Seuchen lassen sich durch große Sauberkeit bei allen Arbeiten verhüten sowie durch folgende Maßnahmen eindämmen (402): Einmal genutzte Tiere und Material schnell vernichten; voneinander getrennte, kleine Zuchtpopulationen verwenden, um erste Herde von beginnenden Epizootien gleich ausschalten zu können; keine Krankheitsherde in der Nähe des Insektariums dulden; regelmäßige Sterilisation oder wenigstens Desinfektion aller Geräte. Außerdem sollen Zuchten unter optimalen Bedingungen geführt werden, um die Provokation latenter Infektionen zu verhüten (vgl. S. 39). — Schadarthropoden können innerhalb der Wirts- oder der Nützlingszuchten große Ausfälle verursachen. Viele lassen sich entweder biologisch, chemisch oder durch vorbeugende Maßnahmen bekämpfen. Beispiele für biologische Verfahren, die in Massenzuchten eingeschaltet wurden, sind: die räuberische *Thrips*-Art *Scolothrips sexmaculatus* zur Bekämpfung der Schadmilbe *Tetranychus pacificus* McG., welche die Zucht von *Comperiella bifasciata* stört (129); *Cephalonomia waterstoni* Gahan (Bethylidae) zur Vernichtung des Käfers *Laemophloeus pusillus* (Schönh.), dessen Larven Eier von *Sitotroga cerealella* fraßen (364); weitere Beispiele bei (136). — Chemische Verfahren können im Insektarium nur gebraucht werden, wenn sie sehr spezifisch sind. Das Akarizid „Neotran" hat sich gegen Raubmilben bei der Massenzucht von *Aspidiotus lataniae* Sign. bewährt (373); die Akarizide „Rospin" und „Erysit" (4,4′-dichlorbenzilsäure-aethylester) 0,1%ig lassen sich erfolgreich gegen Raubmilben *(Blattisocius* (syn. *Typhlodromus) tineivorus* [Oud.]) in Zuchten von *Sitotroga cerealella* anwenden, ohne die Altraupen, Puppen oder Falter zu schädigen (399). Der Befall mit Schadorganismen läßt sich zumeist durch Vergasen (Kartoffel), Eintauchen in heißes Wasser (Weizen, Mais) und ähnliche vorbeugende Behandlung der Wirtsnahrung vermeiden. Die schon mehrfach erwähnte schnelle Erneuerung aller Zuchten dürfte das wichtigste prophylaktische Verfahren darstellen.

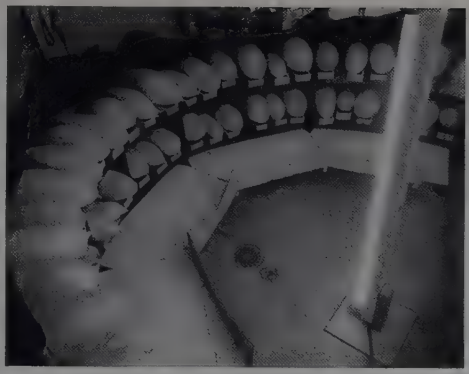


Abb. 53: Anordnung zur phototaktisch bedingten Konzentration der Wanderlarven von Schildläusen, die von den Melonen kommend sich an der Licht-Schattengrenze ansammeln. Beachte die dunkle Linie der Larven auf dem hellen Untergrund, von dem sie regelmäßig abgeschüttet werden. (Aufn. University of California, Department of Biological Control, Riverside)

Abb. 54: Massenzucht von *Sitotroga cerealella* (Oliv.) im Brutschrank. An einem herausziehbaren Träger hängen mit Weizenkörnern gefüllte Drahtrahmen; aus diesen fliegen die Falter nach dem Schlüpfen gegen den Plastiksack, von dem sie sich leicht in den unten angebrachten, auswechselbaren Sammelkasten klopfen lassen. (Anordnung nach S. E. FLANDERS, Riverside, abgeändert von J. FRANZ und W. STEIN, BBA Darmstadt.) (Orig.)

Temperatur und Feuchtigkeit sollten in den Zuchten im Optimalbereich liegen. In warmen Gebieten wie Kalifornien

haben sich für die Entomophagenzucht konstante hohe Temperaturen bei mittlerer Feuchtigkeit (55—75 % rel. Luftfeuchtigkeit) allgemein bewährt. Bei *Trichogramma* ist es z. B. günstiger im Sinne der oben definierten rationellen Zuchtmethode, bei 30° C schnellere Generationenfolgen zu erhalten als bei 25° C etwas mehr Nachkommen je Weibchen (247). Nach Ansicht russischer Entomologen (235, 397) „verweichlicht" jedoch eine Dauerzucht unter optimalen Bedingungen eine Entomophagenart, die im Freien dann bei Wechseltemperaturen und viel ungünstigeren Bedingungen leben muß. Daher werden auch in russischen Insektarien bei der Produktion von *Trichogramma* Wechseltemperaturen eingehalten und wird möglichst im Frühling mit Tieren begonnen, die im Freien überwintert haben. Ein Vergleichsversuch gegen *Agrotis segetum* (Schiff.) ergab eine rund doppelt so gute Parasitierung durch bei wechselnder Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Beleuchtung aufgezogene Wespen im Vergleich zu solchen aus konstanten Bedingungen (397) (vgl. auch 399 a) Vermutlich kommen solche „Abhärtungsverfahren", die wohl auf einer Selektion widerstandsfähiger Biotypen beruhen, nur in Klimaten in Frage, die für *Trichogramma* (u. a. Entomophagen) bereits suboptimal sind. — Gegen trockene Luft sind Coccinelliden empfindlicher als Hymenopteren; zu hohe Feuchtigkeit (> 75 %) fördert aber die Entwicklung von Milben und Pilzen.

Kopulation. Während bei den Chalcidoidea die Kopula meist auch in Massenzuchten leicht zustandekommt, gelingt dies bei Dipteren, die sich im Flug begatten, oft nicht oder nur unter Anwendung besonderer Kunstgriffe. Bei Tachiniden hat es sich z. B. bewährt, die Behälter zu schütteln, so daß die Imagines sich beim Durcheinanderfallen berühren, große Mengen der Fliegen (überwiegend Männchen) in einem großen Freiluftkäfig einzuzwingern (Käfige vgl. 283), oder Gazekäfige plötzlich vom Schatten in volles Sonnenlicht zu stellen. Männchen sollten einige Tage alt sein, bevor man sie zu den Weibchen gibt. Bei den Syrphiden paaren sich einige leicht in Gefangenschaft, sogar mit abgeschnittenen Flügeln (*Syrphus corollae* Fabr.), während andere es offenbar nur im freien Flug tun (39). Angaben, wie man paarungsunlustige Hymenoptera stimuliert, finden sich bei Flanders (136).

Ernährung der Entomophagen. In dem Grundlagenabschnitt war gezeigt worden (vgl. S. 142 ff.), wie wichtig eine optimale Ernährung von Nutzinsekten für ihre Produktivität ist. Ein haltbares oder künstliches Medium für die Ernährung von Entomophagen zu schaffen, ist bei Parasiten nur vereinzelt (209), bei Prädatoren aber schon mehrfach gelungen. So hat man Coccinelliden (*Hippodamia convergens* Guer.) an tief gefrorenen Aphidae (199, 200) und andere Arten auch an einer Mischung von Rohrzucker, Honig, Agar und „Gelée royale" der Bienenkönigin gezogen (z. B. *Exochomus nigromaculatus* Er., *Thea vigintiduopunctata* L., *Scymnus pallidivestis* Muls. u. a.) (381). Lebensdauer und Aktivität waren bei diesem künstlichen Futter sogar größer als bei natürlicher Ernährung. Auch an Leber lassen sich manche Coccinelliden (z. B. *Coleomegilla maculata* De G.) aufziehen (413). Genannt sei ferner die Verwendung toter Wirte für Schlupfwespen, wie es z. B. bei der Zucht von *Microbracon chinensis* Szep. an in heißem Wasser getöteten Pyraliden-Raupen gelang (177). Die Eiproduktion von *Chrysopa plorabunda* Fitch nahm beim Zufüttern von enzymatischem Hefe-Hydrolysat zu einer Honiglösung erheblich zu (192). Eine weitere Vervollkommnung dieser Technik könnte die Massenzucht wesentlich vereinfachen.

Inzucht. Nach den vorliegenden Erfahrungen vermindert eine dauernde Inzucht des gleichen Stammes nicht die Leistungsfähigkeit von Entomophagen. Man liest zwar hin und wieder vom Degenerieren einer Zucht, was sich bei Ichneumoniden und Braconiden vor allem im Rückgang des Weibchenanteils äußern soll. Bisher hat sich dies jedoch zumeist als Folge einer mangelhaften Zuchttechnik herausgestellt (136). Bei den genannten Schlupfwespen muß, wie im allgemeinen Teil erläutert (vgl. S. 155), den begatteten Weibchen Zeit gegeben werden, um die Spermatophore des Männchens in die richtige Lage zu bringen. Ein Überangebot von Männchen mit dauernden Kopulationen macht dies unmöglich und führt zu männlichen Nachkommen. Bei manchen Gregärparasiten begatten sich die Geschwister regelmäßig im Wirt vor dem Schlüpfen, z. B. bei *Melittobia* (355). Daß es auch Erbfaktoren gibt, die das Geschlechterverhältnis in Zuchten beeinflussen, zeigten die Ergebnisse der Selektionsversuche (S. 222).

Umsetzen und Abfangen von Entomophagen-Imagines. Gewöhnlich werden hinfälligere Nutzinsekten, wie Schlupfwespen, nicht mit der Hand berührt, sondern abgesaugt von

Stellen, an denen sie sich von selbst ansammeln. Bei Mikrohymenopteren hat es sich bewährt, die Zuchtgestelle als Rollregale auszubauen, die man dicht an eine erleuchtete Scheibe oder Stoffwand schieben kann. So wird der Flugweg dorthin verkürzt, die Wespen können am Honigstreifen der hellen Wand fressen, und das Absaugen ist nach dem Wegrollen der Regale gut möglich. Zum Erzeugen eines Saugluftstromes nimmt man oft umgebaute Haartrockner (Föhn) oder Staubsauger. Die Stärke des Luftstromes ist so zu regulieren, daß die angesaugten Wespen durch den Aufprall nicht beschädigt werden. Zweckmäßigerweise verwendet man den Transportkäfig gleich als Auffanggefäß im Saugapparat (für *Prospaltella perniciosi* vgl. [354]). In manchen Fällen ließen sich auch die Imagines von Schlupfwespen durch eine Lichtfalle automatisch einsammeln, z. B. die in Südafrika zur Bekämpfung von *Loxostege frustalis* (Zell.) massenhaft gezüchtete Braconide *Chelonus texanus* Cress. (29). Phototaktische Reaktionen verwendet man auch, wenn es gilt, eine Schlupfwespenpopulation im periodischen Kontakt mit oft ausgewechselten Wirten zu diesen hin oder von diesen fort zu locken. Bewährt hat sich z. B. ein von FLANDERS erdachtes Drehregal, in dem *Trichogramma* stets zum Licht läuft; auf der verdunkelten Seite legt man neue Wirtseier ein, dreht sie zum Licht, wohin auch die Parasiten wandern, kann bald danach auf der bisher beleuchteten Gegenseite die parasitierten Eier entnehmen und nach entsprechender Zeit den Vorgang wiederholen (vgl. Abb. 55).

Ein Beispiel: die Massenzucht von *Macrocentrus ancylivorus* (Braconidae) zur Abwehr des frisch eingeschleppten Pfirsichwicklers *(Grapholitha molesta* [Busck]) durch das Department of Biological Control, University of California, stellt eine rationelle Parasitenproduktion dar (123). Als Ersatzwirt dieser ursprünglich vom amerikanischen Erdbeerwickler *(Ancylis comptana fragariae* W. & R.) gezogenen Schlupfwespe wählte man nach entsprechenden Versuchen die leicht züchtbare Kartoffelmotte *(Gnorimoschema operculella).* Da deren Jungraupen bevorzugt an den „Augen" der Kartoffelknolle eindringen, eine Konzentration der Raupen aber vermieden werden soll, erzeugt man künstliche „Augen", indem man die Knollen über eine höckerige Unterlage rollt. Sie werden dann einschichtig in Regale gelegt, um für Wirt und Parasit leichter erreichbar zu sein. Das Problem, stets genügend Eier des Ersatzwirtes zu erhalten, ließ sich auf Grund der Entdeckung lösen, daß die Falterweibchen gern auf einen besonderen, rauhen Stoff ablegen. Die Größe der Eiablagefächer entspricht derjenigen der Kartoffelträger, so daß nach Betäubung der Falter die Eifächer direkt über den Kartoffeln geleert werden können. Die herumlaufenden Raupen hält man durch einen erhitzten Draht innerhalb des Zuchtrahmens, bis sich alle in die Kartoffeln eingebohrt haben. Um eine maximale Parasitierung der Raupen zu erzielen, gibt man die Schlupfwespen in einen sehr flachen Behälter zu den Kartoffeln; die Parasiten sind dann gezwungen, sich dauernd in einer die Eiablage anregenden Nähe der Wirtsraupen und in der günstigen feuchten Atmosphäre rings um die Knollen aufzuhalten. Die verpuppungsreifen Raupen spinnen sich einen Kokon am Boden des Behälters. Man bietet ihnen auf gewachstem Sperrholz eine Sandschicht, und bei der täglichen Erneuerung derselben entfernt

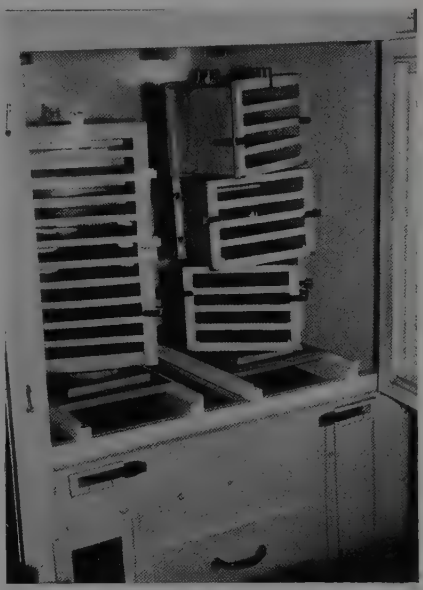


Abb. 55: Drehregal für die Massenzucht von *Trichogramma* im Wärmeschrank (nach S. E. FLANDERS, abgeändert nach J. FRANZ u. W. STEIN). Erklärung im Text. (Orig.)

man stets gleichalte Tiere, die bis zur Verpuppung der nicht-parasitierten weitergezüchtet werden. Die Trennung von den parasitierten Exemplaren erfolgt dann durch kurzfristiges Eintauchen der Kokons in 2½ %ige Natriumhypochlorid-Lösung, in der sich das Wirtsgespinst löst. In einem anschließenden kurzen Alkoholbad sinken die Wirtspuppen unter, während die Parasitenkokons oben schwimmen. Diese Trennung von Wirt und Schmarotzer vor dem Schlüpfen vereinfacht die Arbeit sehr. Die Regulierung des Geschlechterverhältnisses durch Vermeiden überzähliger Kopulationen war bereits erwähnt worden.

Zahlenbeispiele für Massenzuchten. Folgende Angaben sollen die Ausmaße großer Zuchten von Nutzinsekten illustrieren: 1918 wurden in Kalifornien 75 Millionen *Cryptolaemus montrouzieri* gezüchtet und insgesamt seit 1916 mehr als eine halbe Milliarde freigelassen. Ein Insektarium im Ventura Valley produziert jährlich etwa 37 Millionen *Leptomastix dactylopii* How. Von der oben geschilderten Schlupfwespe *Macrocentrus ancylivorus* züchtete man 1947 in Kalifornien an über 200 000 Pfund Kartoffeln 28 Millionen Tiere (136). Von dem Kokonparasiten mehrerer Blattwespen-Arten, *Dahlbominus fuscipennis*, wurden 1935—45 in Kanada 889 Millionen gezüchtet und freigelassen. Zur Bekämpfung von *Saissetia oleae* an Citrus erzeugt man in einigen Insektarien Kaliforniens jährlich viele Millionen *Aphycus helvolus*, allein im Ventura Valley 1954/55 5,2 Millionen. Von der Encyrtide mit Polyembryonie, *Copidosoma koehleri* (Blanch.) hat man eine Zeitlang in Kalifornien riesige Massenzuchten an *Gnorimoschema operculella* durchgeführt, die je Pfund Kartoffeln 10 000 Parasiten ergaben. Die Zucht von *Trichogramma minutum* in privaten Insektarien kostet in Kalifornien nur 10 Dollar je 1 Million. Für die „Überschwemmungsmethode" (s. unten) gegen *Aonidiella aurantii* (red scale) lassen sich von zwei *Aphytis*-Arten täglich 100 000 bis 500 000 Imagines züchten, zum Preis von 50 Dollar (137). — Die ohne jeden technischen Aufwand betriebene Massenzucht von *Microphanurus*-Arten (Scelionidae) zur Bekämpfung der Getreidewanze *Eurygaster integriceps* in Mubarakeh (Iran) ergibt von den Eiern der im Winterlager gesammelten 50 Millionen Wanzen je Saison 200 Millionen Eiparasiten zur Behandlung von 20 000 ha. Dabei kostet diese Bekämpfungsart einschließlich aller Nebenarbeiten 8,— bis 11,— DM je ha, ein Drittel bis ein Viertel der chemischen Bekämpfung (225).

ββ) Selektion besserer Rassen

Wie in dem Grundlagenabschnitt (4 a) näher erläutert, haben wir es bei den Anpassungen von Entomophagen an besondere Umweltbedingungen mit solchen sowohl modifikatorischer als auch genetischer Natur zu tun. Hier seien nur die Möglichkeiten und Versuche erwähnt, durch Selektion von geeigneteren Biotypen bzw. Rassen genetisch fixierte Merkmale auszulesen und in Populationen anzureichern. Die Selektionszucht wurde bisher innerhalb der Arthropoden vorwiegend zur Verbesserung der Qualität von Nutzinsekten wie Honigbiene und Seidenraupe verwendet. Die gleichen Prinzipien gelten auch für Entomophagen.

Der erste Schritt in der Entwicklung dieses Gedankens war die von Clausen (66) klar formulierte Erkenntnis, daß innerhalb der Gesamtverbreitung mancher Entomophagenarten Rassen oder Stämme vorkommen, die sich hinsichtlich ihrer Anpassung an Umweltbedingungen, ihrer Wirtswahl und ihrer Wirksamkeit stark unterscheiden (Beispiele bei 84 und S. 180). Er schlug vor, diese Variabilität durch Importe aus den verschiedenen Teilen des Verbreitungsgebietes zu nutzen. Die ersten erfolgreichen Versuche zur Verbesserung gewisser Eigenschaften von Entomophagen stammen von Wilkes (471), der mit *Dahlbominus fuscipennis* (Zett.) arbeitet. Folgende vier Teilschritte gehören zu einer Selektionszucht (84): (I) Die Bestimmung der Eigenschaft, die verbessert werden soll; (II) die Beschaffung eines genetisch hinreichend variablen Ausgangsstammes („Gen-Pool"); (III) brauchbare Selektions- und Zuchtverfahren; (IV) die Erhaltung des ausgelesenen Stammes nach der Freilassung.

(I) Verbesserungswürdige Eigenschaften

Wenn eine mit hoher Suchfähigkeit und anderen Attributen eines wirksamen Entomophagen (vgl. S. 156) ausgestattete Art sich entweder in einem fremden Gebiet nicht ansiedeln läßt oder im Vergleich zu anderen Teilen ihres Verbreitungsgebietes wenig leistet, muß die genaue Ursache hierfür festgelegt werden. So vermag z. B. *Aphytis mytilaspidis* (LeB.) (Aphelinidae) nur in Nova Scotia, Kanada, nicht in New Brunswick, die Schildlaus *Lepidosaphes ulmi* (L.) wirksam zu reduzieren, da sie die kalten Winter in N. Brunswick nicht erträgt (245). In Kalifornien wird die Leistungsfähigkeit von *Aphytis lingnanensis* Comp. als Parasit der „red scale" in den küstenfernen Gebieten durch die Winterkälte und Trockenheit der Luft stark eingeschränkt (89) (weitere Beispiele S. 162). Die genaue Ursache der durch Umwelteinflüsse hervorgerufenen erhöhten Sterblichkeit bei andernorts wirksamen und vielversprechenden Arten zu finden, gelingt nur durch genaue biologische Beobachtungen, unterstützt durch entsprechende Laboratoriums-Versuche.

(II) Variabler Ausgangsstamm

Je vielseitiger der Genbestand einer Population beschaffen ist, um so aussichtsreicher wird es, aus ihr einen Biotyp mit den gewünschten Merkmalen auszulesen. Dieses für jede Art künstlicher oder natürlicher Selektion gültige Prinzip wird für importierte Entomophagen oft besonders wichtig, da der Ausgangsbestand und damit die genetische Vielfalt einer freigesetzten Population oft recht gering und durch vorausgegangene Inzucht weiter eingeschränkt ist. Die mehrfach erwähnte wiederholte Einfuhr von nicht zu kleinen Proben aus verschiedenen Gebieten ist daher auch in diesem Zusammenhang empfehlenswert. — Weitere Methoden zur Steigerung genetischer Variabilität sind die Behandlung mit mutationsauslösenden Agentien, wie z. B. Röntgenstrahlen, wozu Versuche angelaufen sind (84), und die Kreuzung verschiedener Arten. Letzteres ist bei manchen Insektengruppen durch die verschiedensten Kunstgriffe gelungen und mag auch für Entomophagen bedeutsam werden (344). Versuche hierzu durch Befruchtung der Eier „in vitro" und ihre anschließende Verpflanzung in geeignete Wirte sind bei *Aphytis*-Arten im Gange (84).

Die Kreuzungen von verschiedenen Herkünften, vermutlich teilweise von geographischen Rassen, spielen vor allem in Rußland auch für Entomophagen eine größere Rolle (336). Nach Angabe dieser Autoren (219 a, 332) steigen in der ersten, manchmal auch in den folgenden Generationen die Fruchtbarkeit und der Nahrungsverbrauch von Nachkommen verschiedener Herkünfte an (z. B. bei *Coccinella septempunctata* L. und *Stethorus punctillum* Weise [Coccinellidae]). Dabei kann es sich um einen Heterosis-Effekt oder auch um eine länger dauernde Veränderung der Leistung durch Einkreuzung von positiv sich auswirkenden Erbfaktoren handeln. Eine genaue Analyse scheint noch zu fehlen. — Versuche mit *Dahlbominus fuscipennis* zeigten bei der Kreuzung verschiedener Herkünfte keinen Heterosis-Effekt (472). Dagegen ergab die Hybridisierung von Tachinen *(Paratheresia claripalpis* [v. d. Wulp]) aus verschiedenen Ländern Mittel- und Südamerikas einen für Venezuela offenbar besser geeigneten Stamm (42).

(III) Verfahren

Wie die Auslese im einzelnen zu geschehen hat, wird sich nach der Vermehrungskraft der betreffenden Zucht richten. Natürlich führt eine rigorose Selektion, der in

jeder Generation über 90 % aller Tiere erliegen, schneller zum Ziel, kann aber nur bei Arten mit starker Nachkommenproduktion durchgehalten werden. Günstig ist es auf jeden Fall, mit großen Individuenmengen zu arbeiten (vgl. II). Da immer die Gefahr besteht, durch die Auslese eines Merkmales wie Temperaturtoleranz usw. gleichzeitig auch andere, unerwünschte Eigenschaften mit zu selektionieren, müssen die Nachkommen von Zeit zu Zeit auf allgemeine Eignung unter Feldbedingungen geprüft werden.

(IV) Erhaltung

Die Selektion eines Stammes erscheint nur sinnvoll, wenn dieser nach der Freilassung genetisch isoliert bleiben kann. Vermischt er sich mit nicht ausgelesenen Tieren der gleichen Form, gehen die gewünschten Merkmale im allgemeinen wieder verloren. Kann man die ausgelesene Population nicht an Örtlichkeiten ansiedeln, an denen andere Artgenossen fehlen, empfiehlt es sich, mit parthenogenetisch sich fortpflanzenden Stämmen zu arbeiten oder diese Qualität mit auszulesen, da sie eine genetische Isolation garantiert.

(V) Beispiele für Auslesezuchten

In Kanada gelang es — wie erwähnt — von *D. fuscipennis,* dem Kokonparasiten von *Diprion*-Arten, im Laboratorium Stämme auszulesen, die besser an kühle Temperaturen angepaßt waren. Der Anteil der Tiere, die sich im Wahlversuch auf der Temperaturorgel bei unter 12,5° C ansammelten, stieg in 4 Generationen von wenigen auf 50 % an. Die gleiche Reaktion zeigten auch Tiere aus kühleren Gebieten, ohne deswegen dort besonders wirksam zu sein (471). Am gleichen Parasiten gelang auch die Selektion von Stämmen mit längerer Lebensdauer und mit nur 2 % sterilen Männchen und daher hohem Weibchenanteil (472). Bei *Mastrus carpocapsae* (Cush.) (Ichneumonidae) ließ sich ebenfalls durch Kreuzung der Wespen aus Familien mit vielen weiblichen Nachkommen der Sexualindex verbessern (377). Bei der Coccinellide *Lindorus lophantae* (Blaisd.) wurde die Selektion eines kälteresistenten Stammes eingeleitet (170). — Besonders wichtig sind Versuche von Allen (4) zur Umgewöhnung der Ichneumonide *Horogenes molestae* (Uchida), eines Parasiten von *Grapholitha molesta,* auf einen für die Massenzucht besser geeigneten Ersatzwirt *(Gnorimoschema operculella),* der nicht im Apfel, sondern in der Kartoffel lebt. Nach Gebrauch von Extrakten des eigentlichen Wirtes und Aufzucht in Apfel- und Kartoffelhälften während 11 Generationen gab es die ersten Anzeichen für die Annahme des Ersatzwirtes auch ohne Stimulation. Eine über 39 Generationen durchgeführte Auslese solcher Tiere, die den Ersatzwirt akzeptierten, führte schließlich zu einem Stamm, der an diesem 24mal erfolgreicher zu züchten war als die Ausgangspopulation. Die hier gezeigte Möglichkeit, durch Gewöhnung zusammen mit Selektion die Wirtsbevorzugung in einer Population dauerhaft abzuändern, bringt neue Aussichten für alte, bisher wenig erfolgreiche Vorhaben. — So wie sich bei manchen Phytophagen relativ insektizid-resistente Stämme züchten lassen, ist dies auch mit Entomophagen möglich. Es gelang bereits praktisch bei der Braconide *Macrocentrus ancylivorus,* im Laboratorium eine DDT-Resistenz zu erzielen (309, 310, 329). Damit ist ein Weg gezeigt, um besonders wichtige Nützlingsarten trotz etwa notwendiger Insektizidbehandlungen zu erhalten und damit biologische und chemische Verfahren zu kombinieren. Der gleiche Effekt kann allerdings, wie in diesem Fall, auch gleichzeitig durch natürliche Auslese im Freiland eintreten (44). — Erwähnt seien noch die Versuche, durch Auslese solcher Individuen von *Trichogramma minutum,* die sich bei gleichzeitiger Darbietung von Lichtreizen bevorzugt ihren Wirten zuwandten und höhere Fruchtbarkeit zeigten, diesen „Ovotropismus" zu steigern; im Laboratorium gelang es in 4 Jahren, den 5fachen Wert der genannten Eigenschaften zu erzielen, und auch aus dem Freiland werden bessere Resultate berichtet (441).

Offen bleibt bei allen Arbeiten zur Selektion von „besseren" Stämmen im Laboratorium die Frage, ob die natürliche Auslese im Freien das Gleiche nicht ebenso erreicht, wenn ihr erst einmal das genetisch hinreichend mannigfaltige Ausgangsmaterial zur Verfügung gestellt wird. Der Vorteil der künstlichen, gelenkten Selektion liegt z. B. darin, daß eine Kombination von Merkmalen ausgelesen werden kann, die in der Natur nie zugleich vorkommen (Hitze- und Kälteresistenz), und daß die Schärfe der Auslese den besonderen Bedürfnissen anzupassen ist. Andererseits besteht ohne ständige Naturselektion die Gefahr, eine „domestizierte", im Freien nicht voll brauchbare Rasse zu züchten. So erscheint es besonders wichtig, die genetische Variabilität zu erhöhen, damit die natürliche Auslese an einem größeren Material angreifen kann.

Abschließend sei an die schon im Grundlagenabschnitt erwähnte Tatsache erinnert, daß sich Entomophagen auch ohne menschliches Nachhelfen an neue Wirte angepaßt haben. Diese natürliche Auslese von vielleicht durch Mutation, vielleicht durch Selektion bereits vorhandener Mutanten entstandenen neuen Biotypen gab vielfach erst den Anstoß, derartige Vorgänge im Laboratorium zu beschleunigen. Beispiele hierfür sind: Die Anpassung von *Macrocentrus ancylivorus* und anderen Parasiten an den in Nordamerika eingeschleppten Pfirsichwickler *(G. molesta)* (5); die plötzliche Annahme der in Japan eingeschleppten Schildlaus *Ceroplastes rubens* Mask. durch die Schlupfwespe *Anicetus beneficus* Ishii et Yas. (479, 480); der Übergang der Maiszünsler-Parasiten *Lydella thompsoni* Hert. (Tachinidae) und *Sympiesis viridula* (Thoms.) (Eulophidae) auf die Raupe von *Papaipema nebris* (Gn.) (481). (Weitere Beispiele bei 84 und 336).

γ) Einsatz von Entomophagen

Unter dem Sammelbegriff des Einsatzes seien hier alle Verrichtungen verstanden, die über das bloße Freilassen importierter Arten oder die Erhaltung und Förderung angesiedelter oder einheimischer Nutzarthropoden hinaus aktiv zur Ausbreitung und nutzbringenden Tätigkeit von Entomophagen beitragen. Dabei lassen sich unterscheiden die Verfrachtung durch den Menschen und die regelmäßige, wiederholte Freilassung an einem Ort, an dem die Nützlinge sich entweder wenigstens für einige Zeit fortpflanzen können (Anreicherung) oder nur kurzfristig in Überzahl gegen Schadarthropoden vorgehen sollen (Überschwemmung).

αα) Verfrachtung

Ein Verfrachten und Umsiedeln von Entomophagen in dem hier behandelten Sinn hat das Ziel, diese schneller dorthin zu bringen, wo sie nützlich werden können und wohin sie ohne menschliche Hilfe nur sehr viel langsamer gelangen würden. Wir unterscheiden dabei die verschiedensten Modifikationen, wie sie in folgenden Beispielen erläutert werden. Die nicht immer scharfe Grenze gegenüber den Einfuhren zusätzlicher Faunenelemente in neue Kontinente liegt darin, daß die hier besprochenen Umsiedlungen wenigstens theoretisch im Laufe der Zeit auch von selbst stattfinden könnten und daß unser Eingreifen im wesentlichen bezweckt, die natürliche Ausbreitung zu beschleunigen. In der russischen Literatur spricht man daher von einer „intraarealen Ausbreitung" (410). In den für die neue Ansiedlung vorgesehenen klimatisch und edaphisch geeigneten Räumen fehlen solche Entomophagen entweder, weil sie dort noch nicht eingewandert sind oder weil man sie dort zuvor ausgerottet hat.

(I) Die Verfrachtung neu eingeführter Nützlingsarten von dem Ort, an dem sie zuerst angesiedelt worden sind, an andere Örtlichkeiten, ist seit der Einfuhr von *Rodolia cardinalis* aus Australien nach Kalifornien eine die natürliche Ausbreitung unterstützende Routinemaßnahme bei derartigen Vorhaben. Es genügt hier, auf zwei neuere Beispiele zu verweisen: Die Verbreitung von verschiedenen eingeführten Schlupfwespen der eingeschleppten Luzerneblattlaus *Therioaphis maculata* (Buckton) innerhalb von Kalifornien, nachdem man vorher diese Parasiten mit auf Traktoren montierten Sauggebläsen im Freiland eingefangen hatte (40, 193). Die Ansiedlung von Räubern der aus Europa eingeschleppten Tannenlaus (*Dreyfusia piceae* [Ratz.]) in den Vereinigten Staaten, unter Verwendung von Populationen, die sich nach ihrer Einfuhr in Kanada dort bereits eingewöhnt hatten (z. B. *Laricobius erichsonii* Rosenh.) (108).

(II) Die schnellere Ausbreitung von Phytophagen im Vergleich zu der von Entomophagen bildet nicht nur die Grundlage für die oben (S. 173 ff.) besprochenen Einfuhren fremder Nutzarthropoden, sondern läßt auch nahe der Heimatgebiete gelegentlich Schadzonen entstehen, die durch Verfrachtung der (einheimischen) Gegenspieler wieder beseitigt werden können. Diese Vorgänge werden heute immer häufiger, da Schädlinge die natürlichen Verbreitungshindernisse mit Hilfe des starken Verkehrs und der künstlichen Ausbreitung vieler Kulturpflanzen leichter überwinden.

Die Apfelblutlaus (*Eriosoma lanigerum* [Hausm.]) ist in den östlichen Vereinigten Staaten heimisch, gelangte aber mit der Ausdehnung des Apfelanbaues auch in viele andere Gebiete und erreichte z. B. die pazifische Küste vor etwa 100 Jahren. Die nachträgliche Verfrachtung und Umsiedlung des spezifischen Parasiten, *Aphelinus mali* (Hald.) (Aphelinidae), der sich weniger schnell ausgebreitet hatte, stellte die zuvor im Ursprungsgebiet beobachtete natürliche Begrenzung der Blutlaus auch im pazifischen Nordwesten her (73). Im gleichen Gebiet ließ sich auch *Trichopoda pennipes* (F.) (Tachinidae), der wichtigste Parasit der Wanze *Anasa tristis* (DeG.) (squash bug), ansiedeln, der ebenfalls nicht der raschen Ausbreitung seines Wirtes vom Osten nach dem Westen hatte folgen können (73). Besonders interessant und zugleich ein Musterfall dafür, was sich durch künstliche Verfrachtung und Nachhilfe bei der Ausbreitung heimischer Nutzarthropoden erreichen läßt, ist die Schildlaus an Dattelpalmen *Parlatoria blanchardi* Targ., die — von Kleinasien stammend — durch Verschleppung befallener Pflanzenteile in der nordafrikanischen Sahara laufend weiter nach Westen vordringt. Im alten Verbreitungsgebiet wird die Diaspidine von mehreren Prädatoren wirksam in Schach gehalten, vor allem durch Nitiduliden (z. B. *Cybocephalus palmarum* Pey.) und Coccinelliden *(Scymnus, Pharoscymnus)*, ferner durch Milben, Hemipteren und Chrysopiden. In neu besiedelten Gebieten Marokkos fehlten noch die meisten Feindarten. Durch ihre nachträgliche Ansiedlung aus weiter ostwärts gelegenen Oasen ließen sich örtlich beachtliche Erfolge erzielen (18, 380, 382).

Weitere Umsiedlungen heimischer Entomophagen über größere Entfernung in Gebiete, in denen sie noch fehlten, werden berichtet von: *Calosoma*-Arten in künstliche Waldstreifen Rußlands (347); *Hyperaspis signata* Oliv. (Coccinellidae) von Minnesota nach Michigan (USA) zur Bekämpfung von *Toumeyella numismaticum* (Pettit & McDaniel) (Coccidae) (290); *Trichogramma pallida* Meyer aus der Waldsteppenzone in Steppengebiete Rußlands zur Bekämpfung des Apfelwicklers *(Carpocapsa pomonella)* (419); *Trichogramma embryophagum* Htg. (und vorgeschlagen: *Telenomus verticillatus* Kieff. [Scelionidae]) vom Verbreitungsgebiet von *Dendrolimus pini* (L.) in das ostwärtige des *D. sibiricus* Tschtv. (341). Ohne bisher sichtbaren Erfolg verlief eine große Aktion zur Umsiedlung mehrerer Parasiten von *Choristoneura fumiferana* aus dem Westen Kanadas (Brit. Columbia) nach dem Osten (473).

Ebenfalls unter diese Kategorie fallen die Beispiele für die erfolgreiche Umsiedlung von importierten Entomophagen gegen eingeschleppte

Schadarthropoden, wenn letztere nach einer Periode befriedigender Begrenzung ihr Verbreitungsgebiet schneller ausdehnten als ihre natürlichen Feinde. Genannt sei die Umsiedlung von *Prospaltella perniciosi* Tow., Parasit der San José-Schildlaus, aus Georgia (USA) nach Kalifornien (131) und die von *Anagyrus antoninae* Timb. (Encyrtidae), Parasit der an Gräsern schädlichen Schildlaus *Antonina graminis* (Mask.), von Texas nach Louisiana (USA) (316).

(III) Im Prinzip gleiche Verfrachtungen hat man auch mit einheimischen Entomophagen unternommen, die sich auf eingeschleppte Schädlinge umgestellt hatten und wertvolle Hilfe bei ihrer Niederhaltung leisteten.

Das bekannteste Beispiel ist die in Nordamerika heimische Braconide *Macrocentrus ancylivorus* Roh., deren ursprünglicher Wirt der Erdbeerwickler *(Ancylis comptana fragariae* [W. & R.]) ist und die schnell auf den eingeschleppten Pfirsichwickler *(Grapholitha molesta* [Busck]) überging, den sie vielerorts sehr wirksam parasitierte. Durch künstliche Ausbreitung erweiterte man das ursprünglich auf New Jersey und Delaware beschränkte Verbreitungsgebiet eines besonders aktiven Stammes des Parasiten, das heute bis Kanada und Kalifornien reicht (44, 73). — Parallelfälle sind die wirkungsvolle Verfrachtung von *Tetrastichus asparagi* Cwfd. (Aphelinidae), einem wichtigen Schmarotzer des eingeschleppten Spargelkäfers (*Crioceris asparagi* [L.]), aus den Oststaaten in den pazifischen Nordwesten der USA und von *Tetrastichus brevistigma* Gahan, einem Puppenparasiten von Ulmenblattkäfern, von den Oststaaten nach Kalifornien (73). Auch die Massenzucht und Verfrachtung der in Peru heimischen Tachine *Paratheresia claripalpis* (v. d. Wulp) in ein von der Art noch nicht erreichtes Befallsgebiet des Zuckerrohrbohrers *Diatraea saccharalis* (F.) mit nachfolgender starker Parasitierung gehört zu dieser Gruppe (328). Eine im wesentlichen auf Verfrachtung einheimischer und importierter Entomophagen beruhende Form der biologischen Bekämpfung ist der von Leefmans (242) in Niederländisch-Indien seinerzeit betriebene Austausch von Parasiten mehrerer Schädlinge von Insel zu Insel.

Besonders erfolgreich war die Ausbreitung heimischer Entomophagen, wenn diese nicht nur den eingeschleppten Schädling neben anderen Phytophagen annahmen, sondern sich auf diesen regelrecht spezialisiert hatten, bis zur Herausbildung einer eigenen, genetisch fixierten Form.

Dies wird z. B. für *Anicetus beneficus* Ishii et Yasumatsu (Encyrtidae) angenommen, eine Schlupfwespe, die seit 1946 in Südjapan als wirksamer Parasit der 50 Jahre zuvor eingeschleppten Schildlaus *Ceroplastes rubens* Mask. auftrat und die anschließend mit durchschlagendem Erfolg in anderen Gebieten des Landes eingebürgert wurde (480).

(IV) Verfrachtung von Ameisen: Ameisen der *Formica rufa*-Gruppe[1]) werden heute in Europa auf kleinere bis größere (über 1000 km) Entfernung verfrachtet. Hier handelt es sich um einen Sonderfall, denn Ameisen werden wenigstens teilweise dort wieder angesiedelt, wo sie früher durch den Menschen ausgerottet worden waren.

In Italien sind gegenwärtig weite Verfrachtungen zahlreicher Ameisenvölker vom südlichen Alpenrand (Novara, Bergamo) in den Apennin, nach Mittelitalien und südlich bis

[1]) Die systematische Gliederung der hier nach dem Vorbild der maßgebenden Systematiker als „*Formica rufa*-Gruppe" oder „Rote Waldameisen" zusammengefaßten Arten und Unterarten ist noch nicht endgültig geklärt. Unter diesem älteren Sammelnamen für die Formen des Subgenus *Formica* Forel sind hier vor allem berücksichtigt: Bei Bestandsaufnahmen in Italien *Formica rufa* L., *F. truncorum* Fabr., *F. exsecta* Nyl., *F. nigricans* Em., *F. aquilonia* Yarrow, *F. lugubris* Zett. (297). In Mitteleuropa hauptsächlich *F. polyctena* Foerst., welche hier zugleich die wichtigste Form für eine künstliche Vermehrung darstellt, da sie polygyn und polydom lebt. Die früher benutzten Bezeichnungen „kleine", „mittlere" und „große" Rote Waldameise decken sich nur zum Teil mit den neuen, im wesentlichen auf Grund von Skulpturierungs- und Beborstungsunterschieden trennbaren Arten (35, 187, 241, 478).

Sizilien im Gange (296). In den neu kolonisierten Waldgebieten fehlen die Ameisen dieser Gruppe seit historischer Zeit. Ihre Ansiedlung dient einmal allgemein waldhygienischen Zwecken und soll außerdem akute Übervermehrungen von Schadinsekten, besonders von *Thaumetopoea pityocampa* (Schiff.), verhindern. Erste Erfolge durch in der Nähe von Pavia angesiedelte Ameisenkolonien werden berichtet (295).

Ältere Methoden zur Verfrachtung und Gründung neuer Kolonien der Roten Waldameise sind von Gösswald weiterentwickelt worden (117, 178, 179, 181, 182). Der einfachste Weg ist die Aufteilung von Nestern unter Nutzung der Vielzahl vorhandener Königinnen (besonders bei *F. polyctena*). Jeweils einige 100 000 Arbeiterinnen sowie rund 200 Königinnen werden im zeitigen Frühjahr (März) mit etwa 200 l Nestmaterial einem Stammnest entnommen und am Ansiedlungsort an besonnter Stelle über einen Stubben geschüttet. Sind die Königinnen nicht mehr, wie im Frühling, in der Nestkuppel anzutreffen, gibt man sie zu weisellosen Ablegern später hinzu. Dabei fängt man die aus den Stammnestern hervorschwärmenden Geschlechtstiere in zeltartigen, an der Spitze mit einer Falle versehenen Fanggeräten ab und läßt sie sich in Terrarien begatten. Die Weibchen kann man dann in Glastuben verschicken. Vor dem eigentlichen Aussetzen muß man Königinnen und Arbeiterinnen erst vorsichtig aneinander gewöhnen (Einzelheiten vgl. Literatur). Die Ableger sollen etwa in einem Abstand von 50 m angelegt werden, vom besonnten Waldrand nach dem Bestandsinnern vordringend. Die Neuansiedlung gelingt erfahrungsgemäß nur dort, wo Honigtauproduzenten leben (vgl. S. 143). Bis zum vollen Heranwachsen vergehen dann einige Jahre. Neu angesiedelte und auch noch bestehende Nester sollten vor tierischen Feinden (Spechten, Dachsen) und Menschen geschützt werden (185). Dies geschieht z. B. durch sogenannte Drahthauben, die man selbst fertigen oder fertig beziehen kann (vgl. Abb. 56). Die Interessen der Geflügelzüchter (Puppen) und der Pharmazie (Ameisenspiritus) werden sich durch die Anlage von Ameisenfarmen berücksichtigen lassen.

Abb. 56: Schutzhaube aus Maschendraht für Nester von Waldameisen der *Formica rufa*-Gruppe. Aufn. Forstschutzstelle Südwest, Wittental b. Freiburg i. Br.

Über die Erfolge und Erfolgsaussichten natürlicher und künstlich angesiedelter Kolonien der *Formica rufa*-Gruppe gehen die Ansichten noch etwas auseinander. Auf die umfangreiche Literatur kann hier nur kurz eingegangen werden. Die Nutzwirkung der Räuber ist an viele Voraussetzungen wie rassische Eigenart, Art und Vorkommen der Beute, Witterung, Koloniegröße und Biotop gebunden. Erfolge („grüne Inseln") sind von Naturkolonien inmitten von Übervermehrungen schädlicher Lepidopteren und einiger Blattwespen bekannt geworden (117, 178, 460). Beispiele für die Verhinderung einer Gradation im künstlichen Ansiedlungsgebiet sind noch selten, da bisher zumeist relativ kleine Flächen in häufig nicht ausreichender Dichte besiedelt worden sind. Einzelbeobachtungen über Schädlinge eintragende Ameisen und auch Beutezahlen über längere Zeiträume sagen nicht allzu viel aus. Erstens transportieren die Ameisen manchmal Beutestücke im Kropf (186); zweitens ist nicht die Zahl geräuberter, sondern der Restbestand übrigbleibender Schadinsekten entscheidend. Die reduzierende Wirkung der Roten Waldameise erstreckt sich nur auf

bestimmte Schädlingsgruppen. Käfer, vor allem stark gepanzerte Arten, und dicht behaarte Raupen können nur schwer erbeutet werden. Das Ameisensekret hat aber eine nachhaltige Wirkung, der auch große Lamellicornier erliegen können. Eier und Puppen forstlich wichtiger Großschmetterlinge werden selten beachtet; nur von der Nonne *(Lymantria monacha)* werden lebende Puppen aufgefressen. Larven von Nematinen und Diprioniden werden weniger stark angegriffen als die Ruhelarven von *Cephalcia abietis* (L.) (Pamphiliidae); noch leichter werden die Raupen von *Panolis flammea* (Schiff.), *Bupalus piniarius* (L.) und anderen schädlichen Macrolepidopteren angenommen. Von manchen Arten (z. B. *Thaumetopoea pityocampa)* attackieren sie fast nur die aus dem Boden schlüpfenden Imagines und die Weibchen bei der Eiablage. — Genaue Untersuchungen über die in der näheren und weiteren Umgebung von Ameisennestern noch im Boden auffindbaren Reste sowie über den Kotfall fressender Larven von Lepidopteren und Blattwespen haben WELLENSTEIN u. a. durchgeführt (50, 458, 459, 460, 461). Es ergab sich ein für die einzelnen Schädlingsarten unterschiedlich starkes Gefälle der Populationsdichte zum Nest hin. Bei einer alten, starken Kolonie waren z. B. mindestens 50 % der Schadarten bis zu einem Umkreis von 35 m vernichtet, wie der Vergleich mit ameisenfreien Proben zeigte. Junge Nester haben einen geringeren Aktionsradius. Man wird also von den vor allem in Deutschland, jetzt auch in Holland und Italien, durchgeführten Ansiedlungen von Roten Waldameisen eine je nach Schädling stärkere oder schwächere Schutzwirkung erwarten dürfen; besonders günstig sind dicht geschlossene Nestkolonien in lichten Wäldern und Ansiedlungen vor dem Ausbruch einer Übervermehrung (112, 180, 184). Eine solche vorbeugende Kolonisation von Entomophagen in Dauerschadgebieten ihrer Beutetiere ist eine typische Form der hier besprochenen biologischen Bekämpfung durch Verfrachtung. Dem steht nicht die Annahme entgegen, daß diese Manipulation der Biozönose gleichzeitig eine unspezifische Aufgabe erfüllt und einen Dauerschutz erreicht. — Dabei können auch nachteilige Folgen der Ansiedlung auftreten, denn manche von Waldameisen geschützten Aphiden vermehren sich dann so stark, daß sie schädlich werden (z. B. *Cinaropsis pruinosa* [Htg.] an Jungfichten oder *Schizodryobius pallipes* [Htg.] an Rotbuchen [281]). Dazu kommt, wie durch Kokonsuche im Boden (461) und direkte Beobachtung (459) bewiesen, daß auch Schlupfwespen und andere Entomophagen eingetragen werden. Die „stete Einsatzbereitschaft" der langlebigen und polyphagen Kolonien des Subgenus *Formica* ist eben ein Vorteil, der zugleich einige Nachteile mit sich bringt. Ein zusätzlicher Nutzen kann, wie aus neuesten Untersuchungen hervorgeht, durch Aufstellen von Bienenständen bei volkstarken Ameisenkolonien entstehen, wobei dann die von den *Formica*-Arten geförderte Blattlaus-(Lachniden)-Vermehrung auch zu einer größeren Waldtracht der Honigbienen führt (462).

ββ) Periodische Freilassungen

Auch bei wiederholten Freilassungen von Entomophagen werden diese „verfrachtet", d. h. mindestens auf kurze Entfernung zum Auslassungsort transportiert. Von den zuvor besprochenen Umsiedlungen läßt sich das periodische Aussetzen durch die Wirkungsdauer der Entomophagen und durch die geringe Transportentfernung abgrenzen. Wir unterscheiden dabei zwei Verfahren (124): Die Anreicherungsmethode oder Herdbildung (accretive release) wurde erstmalig 1901 von MARLATT vorgeschlagen (254) und bezweckt, die Tätigkeit von Entomophagen dadurch zu verstärken, daß man beim Beginn einer Übervermehrung zusätzliche Individuen ausläßt, die entweder im Insektarium gezüchtet oder im Freien gesammelt worden sind. Die weitere Fortpflanzung und Entwicklung der Population geht dann für eine gewisse Zeit, meist bis zum Ende einer günstigen Periode, ohne menschliche Hilfe vonstatten. — Die Überschwemmungsmethode (inundative release) beabsichtigt, soviele Entomophagen zugleich freizusetzen, daß deren Tätigkeit den Schädling sofort stark reduziert. Hierbei ist die Fortpflanzung der freigelassenen Individuen, meist Imagines, uninteressant, und alles kommt auf die sofortige Wirkung an. Entsprechend viele Einzeltiere müssen daher bereitstehen und zugleich aus-

gelassen werden. Eine im Verhältnis zur Entomophagenzahl niedrige Schädlings-Dichte ist hierbei günstig. — Für beide Verfahren der periodischen Kolonisation lassen sich einheimische und importierte Entomophagen verwenden. Eine scharfe Grenze zwischen „Anreicherung" und „Überschwemmung" kann man nicht ziehen, da manche Nützlinge (z. B. *Trichogramma*, s. unten) für beides herangezogen werden.

(I) Anreicherung

Von den zahlreichen Beispielen für die teils gelungenen, teils mißlungenen Versuche, durch wiederholte Anreicherung entomophager Arthropoden deren Wirkung zu verstärken, können hier nur wenige genannt werden (Vorschläge vgl. S. 172).

Im Freiland gesammelte Tiere hierzu zu verwenden, bietet sich an, wenn die gesuchten Entomophagen in örtlich verschiedener Dichte auftreten und leicht erreichbar sind. Bei Prädatoren werden gewöhnlich die Imagines eingesammelt.

Bekannt ist in Kalifornien das Verfahren, die massenhaft im Gebirge überwinternden einheimischen *Hippodamia convergens* Guer. (Coccinellidae) vor Beginn des Frühlings einzutragen, kalt zu lagern und an die Farmer auf Anforderung zur Blattlausbekämpfung während des Sommers abzugeben (59). 1918 wurden so etwa 75 Millionen Käfer verschickt. Obwohl sich bei späterer Erfolgskontrolle zeigte, daß nur ein winziger Bruchteil der ausgesetzten Käfer am Auslassungsort bleibt (80), wird auch heute noch ein solcher Versand von privater Seite betrieben. — Auch die Coccinelliden *Bromus octosignatus* Gebl. und *Semiadalia undecimnotata* Schneid. werden in Rußland im Winterlager, und zwar in künstlich hergerichteten Verstecken, gesammelt und dann nach den vorliegenden Angaben mit Erfolg gegen Rüsselkäfer (*Hypera postica* [Gyll.]) an Luzerne und Baumwolle eingesetzt (219). — *Chilocorus nigritus* Muls. (Coccinellidae) bewährte sich in Indien als Feind von Schildläusen (*Aonidiella aurantii* [Mask.] und *Parlatoria ziziphus* [Lucas] an Citrus, *Aspidiotus destructor* Sign. an Kokospalmen), wenn man die Käfer nach Spritzungen mit Insektiziden und dem Abklingen der Residualwirkung aus unbehandelten Übersommerungsquartieren holte und am Befallsort zur „Nachlese" freiließ (430). — Die Ansiedlung von Raubmilben (*Typhlodromus cucumeris* Oudem. und *T. reticulatus* Oudem.) zur Bekämpfung von Erdbeermilben (*Tarsonemus pallidus* Banks) in neu angelegten Feldern gelang in Kalifornien. Die Prädatoren ließen sich bei Freilandversuchen ansiedeln, indem man Ableger aus raubmilbenreichen Erdbeer-Feldern 4 Wochen nach Anlage der neuen Kulturen einsetzte und sie bis dahin in schattiger Lage eingebeutelt aufhob. Durch diese Herdbildung wurde die natürliche Besiedlung, die sonst erst im zweiten Jahr erfolgt, beschleunigt und der Befall durch Schadmilben von Anfang an niedrig gehalten (215).

Wenn man Parasiten für das Verfahren einer Anreicherung im Freien sammelt, bedient man sich gewöhnlich der parasitierten Wirte, die dann im Ansiedlungsgebiet ausgesetzt werden. Dabei hat man häufig durch besondere Maßnahmen (Käfige mit bestimmter Maschenweite, umleimte Gruben usw.) dafür gesorgt, daß nur die Schmarotzer freikamen und nicht die Wirte.

Beispiele dafür sind: Der erste Versuch dieser Art, den F. Decaux in Frankreich 1880 mit *Anthonomus pomorum* L. durchführte; er sammelte die abgefallenen Apfelknospen mit den Käferlarven, die man früher verbrannt hatte, züchtete die Schlupfwespen aus ihnen und ließ diese im Obstgarten frei — nach seinen Angaben mit Erfolg (92). — Das Aussetzen von stark parasitierten Kiefernspinner-Eiern (*Dendrolimus pini* [L.]) in neuen Befallsgebieten Rußlands, wo die ausschlüpfenden Parasiten (*Telenomus verticillatus* Kieff. und *Trichogramma pini* Meyer) die Wirtseier in der Umgebung befallen konnten (340). — Eiparasiten von *Malacosoma neustria* (L.) wurden in Südrußland in neue Umgebung gebracht, wo dadurch die Parasitierung (vor allem durch *Telenomus laeviusculus* [Ratz.]) zunahm (330). — Der im Rahmen der Fruchtfolge notwendige häufige Ortswechsel von Kulturpflanzen erschwert es den Parasiten oft mehr als den Schädlingen, den Anschluß zu halten. Eine Anreicherung der

Entomophagen in den neuen Pflanzbeständen kann die Parasitierung erhöhen. Erwähnt sei das Sammeln parasitierter Eier von *Bruchus pisorum* (L.), die von austrocknenden Erbsen abfallen und dann nach geeigneter Überwinterung zu 6000 Stück je acre auf den neuen Erbsenfeldern der Ukraine ausgesetzt wurden (Eiparasit: *Lathromeris senex* [Grese]) (Trichogrammatidae) (232). — Bewährt hat sich ferner die Übertragung von *Encarsia flavoscutellum* Zehnt. (Aphelinidae) aus aufgegebenen Zuckerrohr-Plantagen auf Java in neu angelegte, zur Niederhaltung von *Oregma lanigera* Zehnt. (Thelaxidae) (201). — Auch gegen den Reisschädling *Chilo simplex* Butl. (Crambidae) zeitigte in Japan die Herdbildung von *Phanurus beneficiens* Zehnt. (Scelionidae) gute Erfolge (289).

Im Insektarium gezüchtete Entomophagen sind noch häufiger als im Freiland gesammelte zur periodischen Anreicherung verwendet worden. Schon vor über 140 Jahren haben Kirby & Spence (234) diesen Vorschlag gemacht, der 1916 erstmalig mit praktischem Erfolg durchgeführt wurde. Damals ließ man 6900 im Insektarium herangezogene Imagines der aus Australien importierten Coccinellide *Cryptolaemus montrouzieri* im Ventura County in Kalifornien frei und unterdrückte hierdurch einen schweren Befall der Citruskulturen mit *Pseudococcus citri* (Risso) (385). Diese Auslassungen haben sich eingebürgert, da die überwinternden Puppen unter den dortigen Klimabedingungen zu einem großen Teil abstarben; sie wurden möglich, seitdem die Massenzucht ihrer Beutetiere (Schmierläuse) auf Kartoffelkeimen entwickelt worden war (vgl. S. 218). Je Baum läßt man dabei 10—20 Käfer zu der hierfür günstigsten Zeit, April bis Juni, frei (7). Besonders bewährt hat sich seither diese Coccinellide in Kalifornien und anderen Ländern mit tropischem und subtropischem Klima gegen *Pseudococcus gahani* Green (zusammen mit den ebenfalls eingeführten Chalcidoidea *Coccophagus gurney* Comp. und *Tetracnemus pretiosus* Timb.) (386), aber auch gegen andere Arten der Gattungen *Pseudococcus, Ripersia, Phenacoccus, Ferrisia* und *Pulvinaria*, soweit diese ihre Eigelege unter Wachswolle ablegen und gesellig leben (73). Setzt man die Käfer nach einer Insektizidbehandlung aus, muß die Dauer der Nachwirkungen beachtet und unter Umständen die Individuen-Zahl je Stamm erhöht werden (172, 412). Auch gezüchtete *Lindorus lophantae* (Coccinellidae) wurden gegen *Aspidiotus hederae* mit gutem Erfolg verwendet, und zwar auch in mit (selektiven) Akariziden behandelten Citrusanlagen (172).

Ein weiterer, in dieser Form erfolgreich zur praktischen Bekämpfung genutzter Räuber ist *Chrysopa plorabunda* Fitch, einheimischer Feind von *Pseudococcus maritimus* (Ehrh.) an verschiedenen Obstarten Kaliforniens. Setzt man dort je Baum dreimal im Frühling und Sommer 250 Eier aus (Massenzucht s. S. 217), lassen sich durch DDT induzierte Übervermehrungen der Schmierlaus für zwei Jahre verhindern. Günstig ist dabei, daß nur die Imagines, nicht die Eier und Larven dieser Florfliege sehr empfindlich gegen DDT sind (105).

Periodische Freilassungen von im Insektarium vermehrten Parasiten haben mehrfach zu Erfolgen geführt. Wie bei den Aktionen mit Prädatoren ist dabei stets die richtige Synchronisation der Zyklen von Entomophagen und ihren Opfern entscheidend. Genannt seien hier stichwortartig Freilassungen von: *Aphycus helvolus* gegen *Saissetia oleae* in Kalifornien, besonders in kühlen Jahren, wenn die natürliche Vermehrung des Parasiten erschwert war (143). — *Macrocentrus ancylivorus* im Zuge der erwähnten Umsiedlung innerhalb des nordamerikanischen Kontinentes. — Zwei *Aphytis*-Arten gegen *Aonidiella aurantii* (Mask.) in küstennahen Citrus-Anlagen Kaliforniens. Die Freilassungen erfolgten z. T. in wöchentlichen Abständen und fielen damit in die später besprochene Kategorie der „Überschwemmung". Tatsächlich hielten sich aber die Apheliniden über mehrere Generationen und senkten fast ausnahmslos den Schildlausbefall auf einen unbedeutenden Rest (88). — *Aphelinus mali* gegen die Blutlaus an Apfelbäumen in England; dabei wurden die Parasiten nicht gezüchtet, sondern aus dem Freiland eingetragenes Material in Kellerräumen überwintert und zum günstigsten Zeitpunkt im Frühling freigelassen (256). — In Insektarien Kaliforniens, Spaniens und anderer Mittelmeerländer wird auch *Leptomastix dactylopii* How. (Encyrtidae) für regelmäßige Freilassungen gegen *Phenacoccus*- und *Pseudococcus*-Arten laufend verwendet; 1945—1955 erzeugte Associates Insectary, Santa Paula, Kalifornien, allein 180 Millionen der Wespen (143). In Kleinasien und Rußland spielen die alljährlichen Freilassungen von gezüchteten *Microphanurus*-Arten zur Bekämpfung von *Eurygaster integriceps* eine wichtige Rolle (Zuchtverfahren vgl. S. 217) (225, 351). Auch auf kleinstem Raum ließ sich

durch Anreicherung von *Carcelia excavata* Zett. (gegen *Malacosoma neustria* [L.]) eine gewisse Befallsminderung wahrscheinlich machen (110). Bei einer Übervermehrung von *Diprion pini* (L.) in Spanien ließ sich der Zusammenbruch durch Freilassung von gezüchteten Parasiten, vor allem *Dahlbominus fuscipennis,* beschleunigen (60). — Im Vorratsschutz hat man wiederholt versucht, durch periodische Anreicherung von Schlupfwespen eine Schadensminderung zu erreichen. Genannt sei ein Modellversuch mit *Bracon hebetor* Say (Braconidae) gegen *Ephestia kuehniella,* der zu einer 54%igen Parasitierung der Raupen führte (197).

Am bekanntesten von allen Vorhaben zur periodischen Freilassung von Parasiten sind die Versuche mit *Trichogramma*-Arten zur Bekämpfung schädlicher Lepidopteren und Hymenopteren. Je nach der angestrebten Wirkungsdauer lassen sie sich unter dem Begriff der „Anreicherung" oder der „Überschwemmung" einordnen. Wie Flanders, der die Zuchttechnik von *Trichogramma* sehr verbessert hat (vgl. S. 219, 221), auseinandersetzt, lohnt sich die zur Überschwemmungsmethode notwendige Produktion riesiger Parasitenmengen höchstens bei sehr wertvollen Kulturen (Gärten, Gewächshäusern) und hat nur Aussicht bei relativ geringem Wirtsbestand. Die häufiger angewandte Anreicherung von *Trichogramma* zielt dagegen auf eine fortdauernde Einwirkung während der Vegetationszeit und auf Minderung des Schädlingsbestandes vom Anfang jeder Saison an, wenn die erste Generation ihre Eier ablegt. Je größer die Wirtsdichte in dieser Zeit, um so besser sind dann die Aussichten für *Trichogramma,* eine hohe Parasitierung zu erreichen. Da die absolute Zahl der Nichtparasitierten den Schaden bestimmt, kann es für die praktische Wirksamkeit oft entscheidender sein, wenn zu Beginn einer Saison eine mäßige Parasitierung verursacht wird als am Ende eine relativ hohe (124). So ist es das Hauptproblem bei aller praktischen Arbeit, mit diesen Eiparasiten für eine gute zeitliche Koinzidenz mit dem Eistadium der Wirtsgenerationen zu sorgen und die nur mäßig entwickelte Suchfähigkeit des Parasiten durch große Individuenmengen auszugleichen. Dazu kommt als weitere Schwierigkeit die erwähnte Biotop-Spezifität der verschiedenen *Trichogramma*-Arten (vgl. S. 128).

Die Literatur über praktische Versuche mit *Trichogramma* ist sehr umfangreich und kann hier unter Hinweis auf die in vorhergehenden Abschnitten bereits erwähnten Einzelheiten nur teilweise genannt werden.

Schon 1882 wurde *T. minutum* Riley genutzt, als W. Saunders sie aus dem Staate New York (USA) nach Ontario (Kanada) zur Bekämpfung von *Nematus ribesii* (Scop.) einführte (14). In der Zucht an Goldaftereiern (*Euproctis chrysorrhoea* [L.]) vermehrte Wespen wurden 1907 erstmalig freigelassen (212). Seither sind solche Versuche zur Bekämpfung zahlreicher Lepidopteren und Hymenopteren mit durchaus wechselndem Erfolg in allen Teilen der Welt angestellt worden.

Aufschlußreich sind z. B. Berichte über die Verwendung von *Trichogramma minutum* gegen *Diatraea saccharalis* (F.) an Zuckerrohr; sie verlief auf Barbados (436) und in Peru erfolgreich (73); dagegen ergaben entsprechende Versuche in Louisiana (USA) eine Schadensminderung um nur ein Drittel (206) und neuerdings trotz der Freilassung von 45 000 Wespen je acre keinen eindeutig nachweisbaren Erfolg (220). Dies mag daran liegen, daß in den kontinentalen USA das Zuckerrohr im Herbst geschnitten und dadurch der Wirts- und Parasiten-Zyklus unterbrochen wird. In den Tropen bleibt es dagegen 18—24 Monate auf dem Feld, und eine Generation der minierenden Raupen folgt der anderen; *Trichogramma* kann sich dort also ungestört fortpflanzen (73). — Die meisten Mißerfolge lassen sich aus den Eigenheiten und klimatischen Ansprüchen der verschiedenen Arten dieses Parasiten erklären: so das Versagen gegen *Panolis flammea* (Schiff.) durch die Verwendung einer ungeeigneten Art (*T. minutum* statt *T. embryophagum*) (455), gegen *Clysia ambiguella* (Hb.) und *Polychrosis botrana* (Schiff.) an Wein durch das Fehlen von Zwischenwirten (405). Ähnliche Gründe und z. T. wohl auch die Verwendung zu geringer Individuenmengen mögen die Mißerfolge gegen *Carpocapsa pomonella* (2), *Pyrausta nubilalis* (484) u.a. verursacht haben. Der einzige Erfolg

in Deutschland wurde bisher gegen *Barathra brassicae* (L.) und *Pieris brassicae* auf kleinster Fläche in Berlin erzielt (445). Neue Ergebnisse von *Trichogramma*-Freilassungen gegen Tortriciden im Obstbau sind allerdings vielversprechend (399 a).

Man verwendet heute in der Praxis *Trichogramma evanescens* vor allem gegen *Agrotis segetum* (Schiff.) an Rüben und gegen *Barathra brassicae* (L.) an Kohl in der Ukraine insgesamt auf einer Fläche von rund 350 000 ha (420). Die in einfachen Kolchoselaboratorien vermehrten Wespen läßt man zu 0,5 Millionen je ha (nach anderen Angaben nur 10 000 je ha) frei und erreicht damit eine 60—90%ige Parasitierung der genannten Schädlinge (237, 349). In Rußland gebraucht man ferner *Trichogramma*-Arten gegen *Dendrolimus pini* (237) und *T. pallida* Meyer gegen Tortriciden im Obstbau. Zu dem letzten Beispiel wird aus niederschlagreichen Gebieten von 40—96%iger Eiparasitierung (neben DDT-Spritzungen!) nach einmaliger Auslassung im Frühling berichtet (419), aus der Steppenzone jedoch von der Notwendigkeit, mehrfach in einer Saison Wespen auszusetzen; dort gab es bei 1000 Wespen je Baum doch nur geringe Erfolge (447). Im nördlichen Kaukasus senkten Versuche gegen den gleichen Schädling mit 5000 Wespen je Baum (in mehreren Raten) den Befall von 77 bzw. 53% beschädigter Äpfel auf 33 bzw. 17% (53). — Weitere Teilerfolge erreichte man in Rußland gegen *Pyrausta nubilalis* (483) und andere Lepidoptera. Weitere Literatur bei (343, 411).

Zusammenfassend läßt sich die bisherige Erfahrung mit *Trichogramma* so kennzeichnen, daß ihre Verwendung außer in den Tropen nur dort aussichtsreich zu sein scheint, wo rationelle Zuchtmethoden (und billige Arbeitskräfte) zur Verfügung stehen und keine restlose Beseitigung der Schädlinge erwartet wird. Es mag sein, daß neue, vereinfachte Zuchtverfahren und der Zwang, in manchen Fällen ohne Insektizide auszukommen, weitere Anwendungsmöglichkeiten für diesen Eiparasiten eröffnen. Die durch klimatische und biozönotische Bedingungen gezogenen Grenzen lassen allerdings für die gemäßigten Zonen keine optimistische Prognose zu.

(II) Überschwemmung

Das schon näher beschriebene Wesen dieser Methode entspricht insofern dem Gebrauch von Insektiziden, als der größte Teil des nutzbringenden Materials den Schädling nicht erreicht, Wiederholungen notwendig werden können und die Wirkung schnell eintritt. Erstmalig wurde die Überschwemmungsmethode mit *Trichogramma minutum* 1927 in Kalifornien gegen *Carpocapsa pomonella* an Walnuß erprobt (143). Die dabei erreichte maximale Eiparasitierung betrug 69%, nach der Freilassung von 40 000 Wespen je Baum. Von den oben referierten Arbeiten über *Trichogramma* gehören einige zu der hier besprochenen Methode, vor allem solche, die wiederholte oder späte Freilassungen behandeln. Zumeist unterscheiden die Autoren nicht klar, ob nur die unmittelbare Wirkung der ausgesetzten Imagines oder die fortdauernde der folgenden Generationen angestrebt worden ist.

Auch bei einigen anderen Parasiten sind sehr rationelle Massenzuchtverfahren für eine Überschwemmung geschaffen worden; Beispiel: Massenzucht von *Aphytis*-Arten zur Bekämpfung von Schildläusen (137) (vgl. auch S. 217). Von einer praktischen Erprobung liegen bisher, abgesehen von den schon referierten Arbeiten über *Aphytis*-Arten und über *Trichogramma*, noch kaum Berichte vor. Genannt sei lediglich ein Versuch, durch Massenauslassung von *Agathis diversus* (Mues.) und *Macrocentrus ancylivorus* (Braconidae) in den Oststaaten der USA eine sofortige Wirkung auf *Grapholitha molesta* zu erzielen. 3—4 Weibchen je Baum bewirkten einen Befallsrückgang auf ein Fünftel, gemessen an den beschädigten Früchten (51). — Von einer kurzfristigen Überschwemmung kann man auch dann sprechen, wenn bald nach dem Freilassen von Nutzarthropoden chemische Bekämpfungsmaßnahmen durchgeführt werden, denen die bis dahin wirksamen Entomophagen wieder zum Opfer fallen. Ebenfalls zur Bekämpfung des Pfirsichwicklers haben sich solche kurzfristigen Einsätze von *M. ancylivorus*

bewährt, wenn Parasiten (3—6 ♀♀/Stamm) gegen die erste, Insektizide gegen die zweite Generation verwendet wurden (52). Weiteres Beispiel s. S. 210.

γγ) Anreicherung von Wirten

In früheren Abschnitten war schon gezeigt worden, wie sehr die Generationenfolge von Entomophagen durch die Gegenwart von Wirten/Beutetieren beeinflußt wird; Lücken im Wirtsangebot schädigen die Populationen plurivoltiner Arten (s. S. 135). Diese, vor allem in artenarmen Kulturbiotopen häufigen Schwierigkeiten lassen sich manchmal umgehen, wenn man entweder für Reservate der Wirte sorgt (vgl. S. 202) oder, was hier zu besprechen ist, zur geeigneten Zeit künstlich den Bestand an empfindlichen Wirtsstadien vermehrt. Dieses Vorgehen ähnelt etwa dem Impfen, denn es vermeidet eine schwere Infektion durch künstliche Erzeugung einer milden (384). Solche Verfahren haben sich in einigen Fällen als brauchbar erwiesen; es fehlt ihnen jedoch noch die Bewährungsprobe verbreiteter Anwendung, zu der sich Methoden, die sehr eingehende biologische Vorstudien erfordern, nicht ohne weiteres eignen.

Freilassungen von Jugendstadien der „black scale" *(Saissetia oleae)* an Citrus haben im Inneren von Kalifornien dazu beigetragen, die Generationenfolge des wichtigsten Schmarotzers, *Aphycus helvolus,* zu sichern, wenn sie in der richtigen Zeit erfolgten (388). Bei der periodischen Kolonisation von *Cryptolaemus montrouzieri* erwies es sich als günstig, um den Stamm von Citrusbäumen breite Bänder zu legen, unter denen sich Schmierläuse *(Pseudococcus gahani)* ansammelten und wo sie dann leichter von dem Räuber gefunden wurden (385). Auch im Forst wurde die Anreicherung von Wirten erprobt, und zwar in russischen Befallsgebieten von *Dendrolimus pini.* Gesammelte Eigelege hängt man in Gazebeuteln im Befallsgebiet auf und wählt dabei eine Stoffart, welche Eiparasiten (*Telenomus verticillatus* Kieff.) das Eindringen und Schlüpfen erlaubt, nicht aber den Jungraupen das Verlassen des Beutels (338, 339). Analoge Vorschläge gibt es noch mehrere; so wurde das Anreichern von Lepidopteren-Gelegen mittels Locklampen angeregt, um durch diese lokale Erhöhung der Wirtsdichte ausgesetzten *Trichogramma*-Wespen einen besseren Start zu geben (125).

δ) *Biologische Bekämpfung im Gewächshaus*

Die Bekämpfung von Schädlingen ist in Gewächshäusern in mancher Beziehung komplizierter als außerhalb. Unter den feucht-warmen Bedingungen solcher Häuser können sich Pilzkrankheiten und Schädlinge schneller vermehren; Gewächshauspflanzen sind oft empfindlicher als Freilandpflanzen gegen Schaderreger und auch gegen chemische Mittel zu ihrer Abwehr. Wegen der hohen Betriebskosten ist es andererseits notwendig, den vorhandenen Raum das Jahr über voll zu nutzen. So liegt hier eine kaum noch überbietbare Form intensiver Pflanzenkultur vor, die eine Schädlingsbekämpfung und speziell die biologische Methode vor besondere Probleme stellt.

Die bisher bekannten, später genannten Beispiele haben gezeigt, daß eine „Manipulation des Gleichgewichtszustandes", also das Wesentliche des biologischen Verfahrens, nicht nur unter völlig unnatürlichen Bedingungen wie im Gewächshaus möglich ist, sondern hier sogar besonders gut gelingt (10, 159, 251). Je überschaubarer das Beziehungsgefüge einer solchen vom Menschen geschaffenen Lebensgemeinschaft ist und je mehr sich die Temperaturen dem Optimum für die Entfaltung landbewohnender Organismen, also den tropischen Bedingungen, nähern, desto bessere Aussichten bestehen grundsätzlich für das Wirken von natürlichen Feinden, vor allem von entomophagen Arthropoden. In dieser künstlichen Umwelt spielt es keine Rolle, ob eine Schädlings- oder Nützlingsart eingeführt oder einheimisch ist.

Folgende Voraussetzungen für die Verwendung von Nutzarthropoden im Gewächshaus sind zu beachten: a) Es muß eine Feindart des Schädlings bekannt und verwendbar sein, die eine größere Vermehrungskraft hat als dieser; b) die Entomophagen-Art muß den Schädling in dem Temperaturbereich wirksam begrenzen können, in dem die Pflanzen am besten gedeihen; c) die Prädatoren bzw. Parasiten müssen die Schädlinge an allen Wirtspflanzen angreifen, die im Gewächshaus befallen werden (vgl. S. 139); d) die Nutzarthropoden müssen sich auch bei niederer Wirtsdichte halten können (vgl. S. 156); e) die zu verwendenden Nützlinge sollten gut züchtbar sein und die im Gewächshausbetrieb unvermeidlichen Maßnahmen kultureller oder chemischer Art wenigstens in manchen Stadien vertragen.

Die Bedingungen des Glashauses bieten für die Verwendung mancher Entomophagen gewisse Vorteile. Genannt seien: Gewächshauspflanzen werden ständig überwacht; man kann also sogleich Nützlinge zugeben, wenn Übervermehrungen von Phytophagen entstehen. — Die Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen sind unter Kontrolle; dadurch läßt sich das Verhältnis der Vermehrung von Schädling und Feindart beeinflussen. Im allgemeinen gilt, daß sich bei tieferen Temperaturen die Schädlinge, bei höheren die Nutzarthropoden durchsetzen. Bei 13° C vermehrt sich z. B. die Weiße Fliege (*Trialeurodes vaporariorum* Westw.) schneller als ihr spezifischer Gegenspieler, *Encarsia formosa* Gahan (Aphelinidae), zwischen 16 und 28° C dominiert jedoch die Schlupfwespe (55, 250). — Da es sich in Gewächshäusern immer um begrenzte Räume handelt, spielt das im Freien so entscheidende Problem der räumlichen Ausbreitung (Dispersion) der Entomophagen eine untergeordnete Rolle. — Manche technischen Bekämpfungsmaßnahmen können mit dem Einsatz von Nutzarthropoden kombiniert werden. So vertragen z. B. Entwicklungsstadien von *Encarsia formosa* eine Raumbegasung mit Blausäure, der Weiße Fliegen erliegen; Pseudococcidae lassen sich bei zu starkem Auftreten durch Abspritzen der Pflanzen mit Wasser entfernen, während die parasitierten Tiere in Verstecken sitzen und erhalten bleiben (251). — Das biologische Verfahren ist billiger und ungefährlicher als das chemische; es vermeidet bekanntlich die Selektion resistenter Stämme der Schädlinge und die übrigen biozönotischen, phytotoxischen und hygienischen Gefahren, die mit dem Gebrauch chemischer Mittel verbunden sein können (vgl. S. 204 ff.).

Demgegenüber hat eine biologische Bekämpfung im Gewächshaus auch Nachteile: Nur gegen eine relativ kleine Zahl von Schädlingen sind Feindarten verfügbar, die den eingangs genannten Forderungen entsprechen. — Die Verwendung von Nutzarthropoden ist unbequemer als regelmäßige Spritzungen; man muß die Schädlingsarten kennen, ihre Entwicklung beachten und im richtigen Augenblick die natürlichen Feinde zusetzen, die sich nicht so einfach beschaffen und aufheben lassen wie Chemikalien. — Nur selten können Nützlinge die Schädlinge ausrotten. Eine kleine, meist unbedeutende Restbevölkerung ist sogar erwünscht, um an dieser auch die natürlichen Feinde zu erhalten. Diese können dann sogleich wieder eingreifen, wenn ein neuer Schädlingsherd entsteht. Gelegentlich verwendet man sogar besondere Kunstgriffe (Ersatzwirte, Wirtspflanzen mit Repellentwirkung), um Reste der Entomophagen zu erhalten. — Die Vernichtung der Schädlinge geht manchmal nicht schnell genug, um irreversible Wert-

minderungen an den Pflanzen zu vermeiden. — Fast nur Schadarthropoden lassen sich biologisch bekämpfen. Gegen andere Schädlinge und Krankheitserreger benötigt man teilweise technische Verfahren, denen die vorhandenen Nützlinge oft erliegen. Nach solchen Eingriffen müssen die Entomophagen also erneut eingebracht werden.

Ein Vergleich der genannten Vor- und Nachteile zeigt, daß erst nach Prüfung des Einzelfalles beurteilt werden kann, ob sich die Verwendung natürlicher Feinde im Gewächshaus lohnt. Vermutlich vergrößern sich die Aussichten, wenn mehr spezifische, nützlingsschonende Mittel bekannt werden und wenn das zunehmende Auftreten resistenter Biotypen, vor allem bei Schadmilben, einen sparsamen Umgang mit Chemikalien nahelegt. Neue Funde von Zehrwespen als Feinden von Schildläusen aus den Gattungen *Aspidiotus, Diaspis, Lepidosaphes, Coccus* u. a. in deutschen Gewächshäusern beweisen die Eignung der Gewächshäuser für Schädling und Gegenspieler auch ohne geplanten Einsatz oder bewußte Schonung der letzteren (356). Praktische Erfolge lassen sich zweifellos erzielen, wie die folgenden Beispiele demonstrieren. Gerade auf diesem Sektor dürften weitere Fortschritte zu erwarten sein.

Beispiele: Die Verwendung von *Encarsia formosa* Gahan zur Bekämpfung von *Trialeurodes vaporariorum* Westw. ist eines der wenigen Beispiele für einen von Europa ausgehenden, weltweiten Gebrauch eines Nutzinsektes. Als Heimat der Aphelinide wird das tropische Amerika vermutet. Sie wurde für praktische Zwecke erstmalig 1928 in Südengland verwandt, nachdem geeignete Zuchtmethoden ausgearbeitet worden waren (394, 395). Gleichzeitig versandte man parasitierte Weiße Fliegen in europäische Länder (434) und auch nach Kanada, wo sich der Schmarotzer in Gewächshäusern ebenfalls gut bewährte (10, 250). Weitere Einbürgerungen gelangen in Warmhäusern von Neuseeland (1933) und Australien (1934) (431). Dort und in British Columbia, Kanada, überlebt sie auch im Freien. Um genügend Material zur Hand zu haben, empfiehlt es sich, die Tiere in geheizten Häusern zu überwintern. Die Parasiten werden versandt, wenn sie sich verpuppt in ihrem Wirt befinden, indem man mit parasitierten *T. vaporariorum* stark besetzte Tomatenblätter verschickt (vgl. Abb. 57). Die optimale Temperatur für die Parasitenwirkung liegt zwischen 20 und 28° C; dabei dauert eine Generation 28—30 Tage. Im allgemeinen genügt die Zugabe von 1000 bis 2000 Parasiten zur Unterdrückung eines Befalls auf 1000 ft² (= 92,9 m²). 1939 wurden allein in Kanada 1 118 900 *E. formosa* auf An-

Abb. 57: Gesunde (weiße) und von *Encarsia formosa* Gah. parasitierte (schwarze) Larven der Weißen Fliege (*Trialeurodes vaporariorum* Westw.). Aufn.: Canada Dept. Agriculture, Science Service

forderung an Gärtnereien geliefert (250). Heute ist die Produktion des Parasiten im Zentrallaboratorium in Belleville, Ont., eingestellt, da die Art an der Westküste Kanadas auch im Freien vorkommt und da chemische Verfahren sie offenbar in Ostkanada verdrängt haben. Auch in anderen Ländern, in denen *E. formosa* lange Zeit hindurch regelmäßig und erfolgreich verwendet worden war (vor allem in Gurken- und Tomatenhäusern), bevorzugt man manchmal wieder chemische Verfahren.

Pseudococcus-Arten sind im Gewächshaus verschiedentlich durch natürliche Feinde bekämpft worden. In dem Staate Massachusetts, USA, gelang dies mit Hilfe von *Cryptolaemus montrouzieri,* wenn diese Coccinellide richtig herangezogen wurde und die Temperaturen nicht 21° C unterschritten (465). Gegen *P. citri* (Russo) bewährten sich in kanadischen Gewächshäusern die aus Südamerika stammende *Leptomastix dactylopii* How. und die aus Sizilien eingeführte *Leptomastidea abnormis* Gir. (Encyrtidae) (251). Beide Arten griffen jedoch nicht die oft mit *P. citri* vergesellschaftete *P. maritimus* Ehrh. an. — In Kalifornien setzte Doutt *L. dactylopii* und *C. montrouzieri* mit Erfolg gegen *P. citri* an *Stephanotis floribunda* an (103). Die gleiche Schmierlaus ließ sich auch in einer stark verseuchten großen Anlage zur Gardenien-Zucht durch folgende, im Warmhaus ausgesetzte Entomophagen fast beseitigen: *Exochomus flavipes* (Thunb.) (Coccinellidae), *Chrysopa plorabunda* Fitch (Chrysopidae) und *Anagyrus kivuensis* Comp. (Encyrtidae). Der Befall der ursprünglich zu 100 % besiedelten Triebe sank auf 0,5—2 % und blieb auf dieser wirtschaftlich belanglosen Höhe 4 Monate, bis zum Abschluß des Versuches. Im Vergleichshaus wurde mit Tetraaethylpyrophosphat (TEPP) als Aerosol gearbeitet; dort sank der Befall langsamer und nicht ganz so tief. Gleichzeitig vermehrte sich aber im begifteten Gewächshaus eine Schildlaus (*Saissetia hemisphaerica* [Targ.]), die vor der Begiftung überall nur 1,5 % der Triebe befallen hatte, auf 83 %. Im unbegifteten Versuchshaus blieb auch deren Befall dank zweier weiterer Schlupfwespen auf dem niedrigen Ausgangsstand (102).

Im Gewächshaus mit Befall von *Coccus hesperidum* an Citrus ließ sich nach Parathion-Behandlung durch Einbringen von *Aphycus luteolus* Timb. (Encyrtidae) ein neuer Gleichgewichtszustand bei niedriger Schildlausdichte erreichen (28). — Auch gegen Milben (*Tetranychus urticae* Koch) an Wein und Obst unter Glas liegen aus Holland positive Erfahrungen mit der gemeinsamen Verwendung von Raubmilben (*Typhlodromus longipilus* Nesb.) und Coccinelliden (*Stethorus punctillum* Weise) vor. Nehmen die Schadmilben, deren Bekämpfung wegen einer starken Resistenz gegen Parathion problematisch geworden ist, besonders schnell zu, greift man mit einer selektiven Akarizid-Spritzung ein, die im Gegensatz zu den vorher üblichen 6—7 Parathion-Behandlungen die Nützlinge verschont (46, 47). Die geplante Verwendung der aus Chile nach Europa eingeführten Raubmilbe *Phytoseiulus riegeli* Dosse dürfte in Gewächshäusern aussichtsreich sein (101). — Weitere Einzelversuche sind gelegentlich zur Verwendung von Nutzarthropoden gegen Aphidae, Pyralidae, Noctuidae, Fungivoridae u. a. Schädlinge in Gewächshäusern oder Pilzzuchtanlagen angestellt worden (Übersicht bei 251).

dd) Erfolgskontrolle

In dem Abschnitt über die Ansiedlung von eingeführten Entomophagen ist schon besprochen worden, wie man sich nach der Freilassung überzeugt, ob die Ansiedlung gelungen ist (s. S. 197). Um festzustellen, welchen Wirkungsgrad eine Entomophagenart erreicht, wie sehr sie also neben anderen Mortalitätsfaktoren zur Gesamtsterblichkeit beiträgt, bedarf es anderer Verfahren. Diese sind komplizierter als die Erfolgskontrolle nach technischer Bekämpfung, da Nutzarthropoden beweglich sind und damit den Vergleich behandelter und unbehandelter Flächen erschweren. Das endgültige Kriterium ist, wie bei jeder Schädlingsbekämpfung, die Erhaltung des bedrohten Pflanzenbestandes. Grundsätzlich stehen zwei Verfahren der Erfolgskontrolle zur Verfügung: Die Beobachtung und das Experiment, das auf einen Vergleich von Populationen mit und ohne Einwirkung der Entomophagen zielt. Beide eignen sich prinzipiell für einheimische und für eingeführte Nutzarthropoden (155).

α) *Beobachtungen an Entomophagen*

Beobachtungen an Entomophagen vermögen nur in Verbindung mit Angaben über die Größe der Schädlingspopulation etwas über den Wirkungsgrad auszusagen. Man entnimmt daher Stichproben von den studierten Schädlingen und untersucht sie auf Kriterien für die Einwirkung von Feindarten. Wieviel und wie große Proben aus einem Biotop entnommen werden müssen, hängt von der Varianz der Verteilung in den einzelnen Habitaten ab (Beispiele bei 275, 279, Übersicht bei 277).

Zu beachten ist, daß sich die räumliche Verteilung von Phytophagen und ihren Feinden im Laufe des Tages und im Laufe ihres Lebens ändern kann (Larven an den Blättern, Puppen im Boden usw.). Außerdem sind nicht alle Lebensbereiche der Schädlinge ihren Feinden gleich gut zugänglich. Borkenkäferlarven werden z. B. von einigen Parasiten nur unter dünner, nicht unter dicker Rinde erreicht (421). Diesen Unterschieden soll sich die Art der Probeentnahme anpassen (378). Die Biologie von Schädling und Gegenspieler muß also vorher genau bekannt sein. Jede Probe, die vom Freiland eingetragen wird, entgeht dadurch der weiteren Einwirkung der Feinde. Sammelt man z. B. erwachsene Wirtslarven, so sind die Schmarotzer der Junglarven richtig in der Probe enthalten, falls sie nicht den Wirt vorher verlassen oder dessen Entwicklung so verzögern, daß er nie das ausgewachsene Larvenstadium erreicht. Die Parasiten der Altlarven haben aber durch das Einsammeln der Probe nicht mehr die volle Gelegenheit zur Eiablage. — Auch wenn das Zahlenverhältnis Wirt : Parasit gleich bliebe, würde eine Probe nicht genügen. Je nach der witterungsabhängigen zeitlichen Koinzidenz von angriffsbereiten Entomophagen mit angreifbaren Schädlingsstadien ändert sich der Wirkungsgrad der Feinde. — Wird die Stadiendauer des Wirtes infolge des Schmarotzerbefalles verändert oder kann ein Entwicklungsstadium nur während einer beschränkten Zeit attackiert werden, so ergeben sich falsche Parasitierungswerte, wenn man die Berechnung lediglich auf das betreffende Stadium und nicht auf die Gesamtbevölkerung bezieht (378). — Besonders bei Insekten, die ein Ruhestadium durchmachen, kommt es häufig vor, daß die Tätigkeit der Räuber und Schmarotzer weitergeht (plurivoltine Entomophagen, vgl. S. 135).

Diese Schwierigkeiten lassen sich durch sukzessive Probeentnahmen, d. h. durch laufendes Eintragen und getrennte Bearbeitung, Weiterzucht usw. bei Phytophagen beheben. Zwei Fragen sind dabei wichtig: αα) wie läßt sich aus den eingetragenen Proben auf die durch Entomophagen verursachte Sterblichkeit schließen; ββ) wie wertet man die so erhaltenen Angaben aus.

αα) Erkennen der Entomophagen-Tätigkeit

Die Wirkung von räuberischen Arthropoden läßt sich besonders schwer ohne ergänzendes Experiment nachweisen, zumal, wenn die Beute vollständig verzehrt wird. Folgende Wege sind u. a. eingeschlagen worden: Untersuchung der Reste und Fraßspuren, die den Urheber verraten, z. B. die Deformierung der von verschiedenen Räubern (und Parasiten) geöffneten Blattwespenkokons oder die Mandibelspur von Chrysopiden an Blattminen, wenn sie deren Bewohner ausgesaugt haben. Markiert man unbewegliche Stadien von Beutetieren in einer Population, läßt sich aus dem Verschwinden markierter Tiere auf die Tätigkeit von Prädatoren schließen, wenn andere Mortalitätsursachen ausgeschlossen werden können. — Kombiniert man Markierung und Spurenkunde in einer Kartierung von vielen (unbeweglichen) Einzelindividuen, erhält man bei langdauernder, regelmäßiger Überwachung genaue Zahlenangaben über die durch Prädatoren verursachte Sterblichkeit (z. B. Kartierung von Tannenläusen [*Dreyfusia*-Arten] am Stamm [163, 229, 230, 223]). — Einer Probeentnahme entspricht ferner das Zählen der Prädatoren a) beim Eintragen von Beute und b) im Verhältnis zur Beutepopulation. Das Verfahren (a) ist nur bei Räubern möglich, die sich regelmäßig mit ihrer Beute zu bestimmten Örtlichkeiten bewegen, wie z. B. Waldameisen zu ihren Nestern. Fehlermöglichkeiten beim Abzählen der Beutetiere während beschränkter Zeit ergeben sich u. a. aus der im Laufe des Tages und der Jahreszeit sehr schwankenden Intensität der Räubertätigkeit und aus dem unsichtbaren Transport von Beuteteilen im Kropf (49, 186). Die Relation von Beutetieren und Räubern (b)

ist häufig als Maß für die aus dem Nahrungsverbrauch des Einzeltieres zu berechnende, von Räubern verursachte Sterblichkeit verwendet worden. Die Fehlermöglichkeiten sind dabei naturgemäß sehr groß. Erwähnt seien hier als Beispiel für die Zählung von Phytophagen und ihren Räubern die für Obstbaum-Milben entwickelten Methoden des Abzählens am Baum in bestimmter Zeiteinheit (90), der Probenentnahme (440), der halbmaschinellen Entfernung der Milben (203, 274) und der Untersuchung des Nahrungsverbrauches bei Raubmilben (100). Ein großer Teil der gesamten Arthropodenfauna einzelner Baumkronen läßt sich durch Insektizide abtöten und daraus das Zahlenverhältnis von Phytophagen und ihren Feinden ermitteln (75, 367). Weitere Verfahren bei (205). — Für den qualitativen Nachweis, ob eine Beuteart von einem Räuber gefressen worden ist, eignet sich die serologische Untersuchung (Präzipitintest) (109, 464). Neuerdings gelingt es auch, durch Verfütterung radioaktiver Isotopen an Phytophagen deren Prädatoren zu finden (19).

P a r a s i t e n : Auch hier geht es darum, aus eingetragenen Wirtsproben das Ausmaß der Parasitierung abzulesen. Die dabei üblichen Verfahren sind S e k t i o n der Wirte, A u f z u c h t der Wirte bis zum Schlüpfen der Parasiten und S p u r e n s u c h e ; dabei ist vor allem auf Reste des Wirtes und der Parasiten (Kokons, Puparien, Ausbohrlöcher usw.) im Lebensraum der Phytophagen (in Gespinsten, im Boden, in Fraßgängen usw.) zu achten. Der beste Weg ist die Kombination aller drei Methoden.

ββ) Wertung der Mortalitätszahlen

Die Wertung der so gefundenen Mortalitätszahlen ist solange schwierig, als es sich um relative Angaben handelt, die sich jeweils nur auf die zum Zeitpunkt der Probeentnahme vorhandene Population beziehen. Die Daten für eine solche augenscheinliche Sterblichkeit (apparent mortality) (426, 429) lassen sich nicht zur Gesamtsterblichkeit addieren und nur in Werte für eine tatsächliche Mortalität (real mortality) umwandeln, wenn die Ausgangsgröße der Bevölkerung bekannt ist.

Die in dem einführenden Kapitel (S. 29) bereits angedeutete Problematik soll hier nicht ausführlich referiert werden. Für die praktische Arbeit einer Erfolgskontrolle ist jedenfalls die Anlage von Lebenstafeln (life tables) zu empfehlen, wie sie von Morris & Miller neuerdings gut begründet und am Beispiel von *Choristoneura fumiferana* (Clem.) erprobt worden sind (268, 278). Das Wesen dieser auch als Mortalitätsanalysen zu bezeichnenden Zusammenstellungen ist folgendes: Für jedes Entwicklungsstadium bzw. für jeden Zeitabschnitt mit stärkeren Verlusten der Schädlingsart werden die Werte für die augenscheinliche Sterblichkeit (Prozentwerte) für jede Sterblichkeitsursache getrennt ermittelt, und zwar auf Grund von umfangreichen Zählungen an Stichproben aus der Population. Alle Daten werden nicht nur als Prozentwerte der jeweils noch vorhandenen Bevölkerung, sondern zuerst als absolute Zahlen für die Population auf bestimmten Einheitsflächen (z. B. 10 qm Zweigoberfläche) angegeben. Aus diesen Zusammenstellungen sind dann alle für eine vergleichende Auswertung erwünschten Angaben zu entnehmen. Wiederholt man solche im einzelnen sehr mühevollen Untersuchungen über mehrere Generationen, lassen sich verläßliche Aussagen machen, in welchem Entwicklungsstadium stets (dichteunabhängige) hohe Verluste eintreten, sowie welche der Entomophagenarten relativ dichte a b hängig und — was für die endgültige Bewertung entscheidend ist — bei sonst bereits hohem Sterblichkeitsniveau wirken, dadurch also besonders wichtig werden (276). Hier sei nur noch angedeutet, daß sich die Folgen des Ausfalles eines Sterblichkeitsfaktors, wie z. B. einer Parasitenart, einerseits im Prinzip berechnen lassen, wobei die dadurch verursachte Änderung der Gesamtmortalität ein Maß für die Wirksamkeit des einzelnen Faktors darstellt (Übersicht bei 276); andererseits läßt sich dasselbe Problem auch experimentell angreifen. Auf dieser Basis sind die folgenden Verfahren zur Erfolgskontrolle in der biologischen Bekämpfung entwickelt worden.

β) *Versuche mit Entomophagen*

Versuche mit Entomophagen im Rahmen der hier besprochenen Erfolgskontrolle beruhen im Prinzip auf einem Vergleich; man hält eine Art oder Gruppe von natürlichen Feinden auf begrenzten Flächen von ihren Wirten/Beutetieren fern, und aus

der Differenz der Sterblichkeit zwischen den teilweise geschützten und den ungeschützten, sonst aber vergleichbaren Populationen schließt man auf die Wirkung der abgeschirmten Gegenspieler (vgl. auch S. 175). Der (partielle) Schutz der Schädlinge, der für diese Differenzmethode erforderlich ist, läßt sich mit verschiedenen Verfahren erreichen.

$\alpha\alpha$) Vergleich natürlicher Zonen mit und ohne Entomophagen

Am einfachsten liegt der Fall, wenn ökologisch gleichwertige Teile des Verbreitungsgebietes eines Schädlings (noch) nicht von den zu prüfenden Entomophagen besiedelt sind. Für den Vergleich stehen dann Bezirke mit und solche ohne Wirkung der Räuber bzw. Schmarotzer zur Verfügung. Eine derartige Erfolgskontrolle ist das Übliche nach der Ansiedlung eingeführter Entomophagen.

Sind die Gebiete wirklich vergleichbar und wiederholt man den Vergleich auf zahlreichen Probeflächen, läßt sich aus der durchschnittlichen Erhöhung der Gesamtmortalität annähernd auf den Wirkungsgrad des eingeführten Entomophagen schließen. Eine derartige Erfolgskontrolle ist verläßlich, wenn mehrfach in den von importierten Nutzarthropoden neu besiedelten Zonen die Schäden aufhören und der Schädling selbst sehr selten wird. Weitaus schwieriger sind die Teilerfolge festzustellen, zumal wenn auch andere Mortalitätsfaktoren stark eingreifen. Beides läßt sich — wie gesagt — sowohl durch einen räumlichen als auch durch einen zeitlichen Vergleich von Zonen ermitteln, die erst im Laufe seiner Ausbreitung von dem Nützling besiedelt werden. Erschwerend für eine solche Form der Erfolgskontrolle wirkt sich die Erscheinung aus, daß eingeschleppte Schädlinge häufig nach einigen Jahren der Übervermehrung „von selbst" auf einen geringeren Stand zurückgehen, sei es durch Adaptation einiger endemischer Feindarten, sei es durch den Rückgang einer anfangs beobachteten erhöhten Vitalität (38). Wirkliche Beweiskraft haben in diesem Zusammenhang daher nur Untersuchungen, die einen quantitativen Überblick über die verschiedenen Sterblichkeitsursachen geben und sich nicht damit begnügen festzustellen, daß der Schaden aufgehört hat.

Ein räumlicher Vergleich läßt sich auch bei den Verfahren der Verfrachtung und der periodischen Freilassung (vgl. S. 225 und S. 229) anwenden, wenn die Dispersionsaktivität der ausgebrachten Entomophagen gering ist. So entstehen z. B. bei der Ansiedlung von Waldameisen oder bei der Freilassung von *Trichogramma* Zonen mit dichter Besiedlung und hoher Aktivität dieser Nutzarthropoden, die sich mit solchen ohne oder fast ohne Besiedlung durch die gleichen Arten in naher Nachbarschaft vergleichen lassen. Da die Populationsdichte des Schädlings ein wesentlicher Faktor für die mehr oder weniger wirksame Tätigkeit von Entomophagen ist, sollte darauf geachtet werden, daß sie neben den übrigen ökologischen Bedingungen in den verglichenen Zonen anfangs gleich ist. Die Unterschiede der Mortalität lassen sich dann durch direkte Auszählung der Schädlinge bzw. ihrer Lebenszeichen (Kokons, Puppenhülsen, Kotkrümel u. a.) oder durch Vergleich der Schäden ermitteln. Beispiele: Erfolgskontrolle bei Nestern der Roten Waldameise (*Formica rufa*-Gruppe) durch Auszählen von Kotkrümeln noch fressender Schädlinge oder durch Suche nach noch lebenden bzw. nach Resten toter Tiere im Boden in verschiedener Entfernung von den Nestern (vgl. S. 229); Vergleich der Entlaubung von Eichen in Waldgebieten mit oder ohne Ameisen-Ansiedlung (365); Vergleich der Parasitierung und des Schadens auf Flächen (Bäumen) mit oder ohne Freilassung von *Trichogramma* (Lit. vgl. S. 232; Grundsätzliches bei 124).

$\beta\beta$) Vergleich künstlicher Zonen mit und ohne Entomophagen

Bei seit längerer Zeit eingebürgerten und bei einheimischen Arten ist ein räumlicher oder zeitlicher Vergleich zwischen den von Feindarten (schon) besiedelten und (noch) nicht erreichten Gebieten nicht möglich; beide Arten haben dann alle zugänglichen

Bereiche besetzt. Bei dieser Ausgangslage sind folgende, vor allem in Kalifornien entwickelten Verfahren der Erfolgskontrolle üblich (85, 155, 387):

(I) Schaffung feindfreier Bereiche

durch mechanische, chemische, biologische Abschirmung oder durch Absammeln der Entomophagen.

Eine mechanische Abschirmung von Entomophagen (sleeve cage check method) kann total oder partiell sein. Total abgeschirmt von allen Feindarthropoden sind z. B. eingezwingerte Populationen, wenn die Maschenweite des Käfigs (Stoff, Drahtgaze) zu klein ist, um noch Entomophagen hindurchzulassen. Solche Zwinger wurden z. B. zur Untersuchung der Feindwirkung auf Nonnenraupen in Deutschland (456) und bei der Prüfung der durch Parasiten verursachten Sterblichkeit von Schildläusen in Kalifornien verwendet (387). Bei den zuletzt genannten Versuchen waren beide Vergleichsäste mit je einem gazebespannten Käfig umgeben. Einer blieb offen und die Parasiten konnten ihre Wirte erreichen; der andere wurde geschlossen, nachdem vorher eine feindfreie Population von Schildläusen angesiedelt worden war. Die Sterblichkeitsdifferenz bzw. der Besatzunterschied zeigte die Parasitenwirkung, verursacht durch Belegen und bloßes Anstechen des Wirtes. Nachteilig wirkt sich bei dieser Methode der u. U. vorhandene mikroklimatische Unterschied zwischen dem für Entomophagen zugänglichen und dem abgeschirmten Bereich aus.

Bei der partiellen Abschirmung bestimmt die Art des Hindernisses, welche Feinde ferngehalten werden. Grobmaschige Käfige halten z. B. keine Eiparasiten, sondern nur größere Arthropoden ab. Leimung von Ästen oder das Umgeben der Versuchspflanze mit Leimringen, Ölrinnen und anderen Hindernissen verhindern den Zulauf flugunfähiger Arten (z. B. Ameisen an lausbesetzten Pflanzen [vgl. S. 214] oder Carabiden als Feinde des Kartoffelkäfers [*Leptinotarsa decemlineata*] [157]).

Die chemische Abschirmung (insecticidal check method) beruht auf der unterschiedlichen Empfindlichkeit mancher Schadarthropoden und ihrer Feinde gegen verschiedene chemische Mittel (81). So schadet z. B. DDT den durch Wachs oder Schild geschützten Schmier- bzw. Schildläusen und auch Milben nur wenig, den meisten ihrer Parasiten und Räubern dagegen sehr. Vergleicht man den Schädlingsbefall an begifteten und unbegifteten Fraßpflanzen, so demonstriert die Zunahme der Schädlinge an den behandelten, wie stark sich normalerweise Entomophagen an deren Niederhaltung beteiligen. Je spezifischer das verwendete Pestizid nur bestimmte Feindarthropoden ausschaltet, umso genauer läßt sich gerade deren Wirkung durch diese Methode erfassen (vgl. S. 205). Die chemische Methode der Abschirmung setzt eine genaue Kenntnis der Empfindlichkeit von Phytophagen und Entomophagen gegen das verwendete Mittel voraus. Das Verfahren ist nur mit Vorsicht anwendbar, wenn der Schädling, wie z. B. die Rote Spinne (*Metatetranychus ulmi* [Koch]), durch die Wirkung des Mittels (DDT) direkt oder auf dem Weg über die Wirtspflanze (149) zu höherer Eiproduktion angeregt wird (213) oder wenn er nach der Behandlung besser gedeiht, weil diese die intraspezifische Konkurrenz gemildert hat. Sorgfältige Untersuchungen an der Citrusschildlaus *Aonidiella aurantii* (Mask.) und an der Erdbeermilbe *Tarsonemus pallidus* Banks haben gezeigt, daß diese nicht durch DDT bzw. Parathion stimuliert werden (82, 214). Die Zunahme des Befalls an den behandelten Pflanzen beruht also allein auf dem Ausfall der Feindarthropoden. Zahlreiche weitere Beispiele für eine Verwendbarkeit der chemischen Abschirmung zur Erfolgskontrolle sind bekannt (85) — ganz abgesehen von den schon besprochenen, unbeabsichtigten Demonstrationen für die zuvor unbeachtete Wirkung von Gegenspielern nach dem Gebrauch von chemischen Pflanzenschutzmitteln (vgl. S. 205).

Durch eine Kombination der mechanischen mit der chemischen Abschirmung lassen sich manche der erwähnten Nachteile jeder Einzelmethode vermeiden (87). Die kombinierte Abschirmung verwendet Insektizid-imprägnierte Zwingerstoffe bzw. Drahtgaze. Wenn diese Zwinger nicht mit den Schädlingen in Kontakt kommen, können sie diese auch nicht stimulieren. Durch ihre größere Bewegungsaktivität fliegen die Parasiten

jedoch an die Zwingerwand und verenden. Das Verfahren wurde an Parasiten verschiedener Schildläuse in Kalifornien erprobt. Auf dem gleichen Prinzip beruhte eine Abschirmung von *Dreyfusia*-Arten (Chermesidae) auf der Tannenrinde gegen Prädatoren durch DDT-imprägnierte Maschendrahthauben. Hier waren zur Elimination der mikroklimatischen Unterschiede ebenfalls, wie bei den Zweigzwingern in Kalifornien, je Versuch zwei Kontrollflächen vorgesehen. Eine innerhalb eines unbehandelten Käfigs mit kleinem Eingang für Entomophagen und eine auf der offenen Rinde (162, 228, 230). Das mechanische (eingezeltete Bäume) und chemische Verfahren (DDT-gespritzte Krone) wurden auch kombiniert zur Ermittlung der Wirkung von Prädatoren von Obstbaummilben angewendet (32).

Allen in Freilandkäfigen ablaufenden Versuchen haftet der Nachteil an, daß sich die eingeschlossenen Arthropoden nicht beliebig ausbreiten können. Sie werden durch die Versuchsbedingungen zu einer oft unnatürlichen Bevölkerungsdichte gezwungen, wodurch eine zusätzliche Sterblichkeit entstehen kann. Durch die chemische Fallenmethode (insecticidal trap method), eine Abart der chemischen Abschirmung, lassen sich diese Nachteile vermeiden (85). Sie besteht darin, eine unbehandelte Versuchsfläche von einiger Ausdehnung mit einem entsprechend begifteten Gebiet zu umgeben. Wandernde Entomophagen, die gegen das verwendete Mittel empfindlich sind, gehen beim Durchstreifen dieser Giftzone ein, so daß sich das Dichteniveau der Prädatoren und Parasiten in der Versuchsfläche laufend senkt. Dies Verfahren nutzt also die größere Bewegungsaktivität der Entomophagen aus, wobei sich die Auswahl des Mittels und die Größe der unbehandelten Innenflächen nach den physiologischen Eigenarten der wichtigen Feindarten zu richten haben. Nachteilig ist hierbei, daß es selten gelingt, mit diesem Verfahren eine Fläche wirklich ganz feindfrei zu bekommen.

Nur am Rande sei darauf hingewiesen, daß man bei dem Vergleich von mit Pestiziden behandelten und unbehandelten Flächen bei der üblichen Mittelprüfung oft diese Fallenmethode anwendet, ohne es zu beabsichtigen (86, 153). Wenn die Zahl begifteter Parzellen groß ist, gelangen die beweglicheren Entomophagen früher oder später auf solche Flächen, auf denen sie verenden. Der sonst übliche Ausgleich von ab- und zuwandernden Tieren wird also verhindert. Auch wenn die unbehandelten Vergleichsflächen nicht ganz von behandelten Parzellen umgeben sind, vermindert deren Gegenwart das allgemeine Niveau an bewegungsaktiven Arthropoden (zumeist Nützlingen) und verstärkt dadurch den Gegensatz zwischen dem Schädlingsbefall auf behandelter und auf nicht behandelter Fläche. Unter solchen Umständen sind die Kontrollflächen eben nicht unbehandelt, sondern künstlich ihrer Entomophagen entblößt. Daraus können dann durchaus falsche Schlüsse gezogen werden (Beispiele bei 86).

Von einer biologischen Abschirmung für die Erfolgskontrolle (biological check method) spricht man, wenn Tiere verwendet werden, um Entomophagen von bestimmten Bereichen abzuhalten (91). Diese Methode ist bisher nur mit der Argentinischen Raubameise (*Iridomyrmex humilis* Mayr) in Kalifornien erprobt worden, und zwar gegenüber Feinden von Schildläusen und Milben auf Citrusbäumen. Sie beruht auf der schon besprochenen Eigenart mancher Ameisen, die Erzeuger des von ihnen gesammelten „Honigtaus" und auch benachbarte Pflanzensauger ohne Honigtauproduktion mehr oder weniger frei von Feindarthropoden zu halten (vgl. S. 119). Verglichen werden Bäume mit Ameisenzulauf und solche ohne Ameisen, die man durch Giftringe und dergleichen vom Besteigen dieser Vergleichsstämme abhalten kann. Andererseits läßt sich der Zulauf der Ameisen durch Bespritzen mit Honigwasser steigern. Nachteilig an diesem Verfahren ist, daß nur ein Teil der Feinde, vor allem Parasiten, die lange zur Eiablage brauchen, von Ameisen verjagt werden. Viele Coccinelliden (z. B. *Lindorus lophantae* [Blaisd.]) bleiben unbelästigt. Das Verfahren hat also nur beschränkte Bedeutung.

Das Absammeln der Entomophagen mit der Hand von bestimmten Bereichen (Teilen der Baumkrone, Pflanzen usw.) ist noch die beste, wenn auch die mühsamste Methode der Erfolgskontrolle (152). Sie erfordert eine andauernde, oft auch nächtliche Überwachung der entomophagenfreien Örtlichkeiten. Der Erfolg wird wieder aus dem Vergleich der freigehaltenen und der unberührten Fläche ermittelt. Weder chemische noch mikroklimatische Einflüsse verfälschen das Ergebnis. Bisher ist die Methode nur relativ selten praktiziert worden, so an Avocado (152), an Citrus (149) und an Erdbeeren (214).

Die besprochenen Methoden der Erfolgskontrolle lassen sich in geeigneter Weise kombinieren, wenn e i n Verfahren keine sicheren Ergebnisse bringt. Dadurch kann man die erwähnten Nachteile ausgleichen und die Ergebnisse überprüfen (150). — Einen Schritt weiter geht die letzte Methode, die sich nicht damit begnügt, zu beobachten, wie stark entomophagenfreie Schädlingspopulationen zunehmen, sondern die solche Schädlingsherde dann wieder den Gegenspielern anbietet.

(II) Aussetzen von Phytophagen:

Der Kunstgriff, Wirte oder Beutetiere absichtlich den Angriffen von Entomophagen auszusetzen (host exposure method), war schon im Abschnitt über die Sammeltechnik von Entomophagen besprochen worden (vgl. S. 177). Bei der Erfolgskontrolle läßt sich das Verfahren insofern verwenden, als wirkungsvolle Entomophagen ausgesetzte Wirte schnell finden und bis auf geringe Reste vernichten (147). Die unparasitierten Phytophagen, die man sich durch Sammeln oder Züchten verschafft hat, sollen in möglichst natürlicher Art und Weise ihren Feinden angeboten werden. Im Prinzip das Gleiche ist die Anlage einer künstlichen Massenvermehrung von Schädlingen. Bei diesem Verfahren ist es wichtig, auf die besprochene Art und Weise festzustellen, woran exponierte Wirte/Beutetiere verenden, also z. B., welche Parasiten oder Räuber sie zuerst finden und welche Arten sie weiterhin auch bei niedriger Dichte kurz halten.

Bei jeder Auswertung von Versuchen und Beobachtungen zur Erfolgskontrolle von Entomophagen muß man sich davor hüten, Einzelergebnisse vorzeitig zu verallgemeinern, die sich in erster Linie auf eine definierte, vergangene und räumlich begrenzte Situation beziehen. Abschließende Urteile werden meist erst nach längeren Zeiträumen möglich sein. Bedauerlicherweise fehlen für viele Unternehmungen in der biologischen Bekämpfung adäquate Kontrollen des Erfolges.

Literatur zu 4, b

1. Ahmed, M. K.: Comparative effect of Systox and Schradan on some predators of aphids in Egypt., *48*, 530—532, 1955. — **2.** Alden, C. H., & J. E. Webb jr.: Control of injurious insects by a beneficial parasite. Ga. State Bd. Ent. Bull. 79, 23 pp., 1937. — **3.** Alexandrov, N.: *Eurygaster integriceps* Put. à Varamine et ses parasites. Ent., Phytopath. appl., Téhran (5—6—7—8), 23 pp., 1947/49 (Orig. persisch). — **4.** Allen, H. W.: Propagation of *Horogenes molestae*, an Asiatic parasite of the Oriental fruit moth, on the potato tuberworm. J. econ. Ent., *47*, 278—281, 1954. — **5.** Allen, H. W.: Evidence of adaptive races among Oriental fruit moth parasites. Proc. 10. Int. Congr. Ent. (Montreal, 1956), *4*, 743—749, 1958. — **6.** Anonymus: Entomology Laboratory, Biological Control Investigations, Canada Department of Agriculture. Agric. Inst. Rev., *10*, 19—24, 1955. — **7.** Armitage, H. M.: Timing field liberations of *Cryptolaemus* in the control of the citrophilus mealybug in the infested citrus orchards of Southern California. J. econ. Ent., *22*, 910—915, 1929.

8. Bachmann, F., & W. Vogel: Die Astproben-Untersuchung als Prognosemethode für das Auftreten wichtiger Schädlinge im Obstbau. Flugschr. 57, Versuchsanst. Wädenswil, 20 pp., 1955. — **9.** Baggiolini, M.: Étude des possibilités de coordination de la lutte chimique et biologique contre *Cacoecia rosana* avec le concours de *Trichogramma cacoeciae*. Bull. Soc. ent. Suisse, *31*, 35—44, 1958. — **10.** Baird, A. B.: Biological control of greenhouse insects. Ann. Rep. Ent. Soc. Ont., *65*, 72—73, 1934. — **11.** Baird, A. B.: Biological control of the spruce sawfly *Diprion polytomum* Hartig. Pulp, Pap. (Mag.) Canada, 4 pp., 1937. — **12.** Baird, A. B.: Laboratory propagation of parasites and its place in biological control programs. Proc. 6. Pacif. Sci. Congr., *4*, 417—420, 1939. — **13.** Baird, A. B.: Biological control of insect pests in Canada with special reference to the control of the European spruce sawfly *Gilpinia polytoma* Htg. Ann. Rep. Ent. Soc. Ont., 6 pp., 1940. — **14.** Baird, A. B.: Biological control. In: Glen, R.: Entomology in Canada up to 1956. Canad. Entomologist, *88*, 363—367, 1956. — **15.** Baird, R. B., & C. F. Nicholls: A mobile laboratory for field research in entomology and insect pathology. Dept. Agric., Sci. Serv., Res. Notes Ser. E—10, 7 pp., 1955. — **16.** Baker, W. A., W. G. Bradley & C. A. Clark: Biological control of the European corn borer in the United States. US-Dept. Agric., Techn. Bull. 983, 1—185, 1949.

— 17. Balachowsky, A. S.: Les possibilités de la région méditerranéenne et des Iles Atlantides dans l'approvisionnement des insectes entomophages. Union Int. Sci. Biol., Sér. B (5), 102—105, 1949. — 18. Balachowsky, A. S.: La lutte contre les insectes. Payot, Paris, 380 pp., 1951. — 19. Baldwin, W. F., H. G. James & H. E. Welch: A study of predators of mosquito larvae and pupae with a radio-active tracer. Canad. Entomologist, *87*, 350—356, 1955. — 21. Barnes, H. F.: Gall midges (Dipt., Cecidomyidae) as enemies of aphids. Bull. ent. Res., *20*, 433—442, 1929. — 22. Barnes, H. F.: Gall midges (Cecidomyidae) as enemies of the Tingidae, Psyllidae, Aleyrodidae and Coccidae. Bull ent. Res., *21*, 319—329, 1930. — 23. Barnes, H. F.: Gall midges (Cecidomyidae) as enemies of mites. Bull. ent. Res., *24*, 215—228, 1933. — 24. Barnes, H. F.: Gall-midge larvae as endoparasites, including the description of a species parasitising aphids in Trinidad, B. W. I. Bull. ent. Res., *45*, 169—175, 1954. — 25. Bartlett, B. R.: A tactile ovipositional stimulus to culture *Macrocentrus ancylivorus* on an unnatural host. J. econ. Ent., *46*, 525, 1953. — 26. Bartlett, B. R.: Can selective insecticides help to preserve biotic control? Agric. Chem., 4 pp., 1956. — 27. Bartlett, B. R.: Laboratory studies on selective aphicides favoring natural enemies of the spotted alfalfa aphid. J. econ. Ent., *51*, 374—378, 1958. — 28. Bartlett, B. R., & W. H. Ewart: Effect of Parathion on parasites of *Coccus hesperidum*. J. econ. Ent., *44*, 344—347, 1951. — 29. Bedford, E. C. G.: The automatic collection of mass-reared parasites into consignment boxes, using two light sources. J. ent. Soc. S. Afr., *19*, 342—353, 1956. — 30. Beingolea, O.: Exidencia de un proceso regulador en la declinacion de las poblaciones estacionales de *Anomis texana* Riley. Informe mensual Estac. exp. agric. La Molina, Lima (Peru), 107, 1—20, 1958. — 31. Beingolea, O.: Rotenona en el control de la cigarrita verde del algodonero *Empoasca* spp. Informe mensual Estac. exp. agric. La Molina, Lima (Peru), 107, 21—37, 1958. — 32. Berker, J.: Die natürlichen Feinde der Tetranychiden. Z. angew. Ent., *43*, 115—172, 1959. — 33. Berlese, A.: Considerazioni sui apporti tra piante, loro insetti nemeci e cause nemichi di questi. Redia, *4*, 198—246, 1907. — 34. Berry, P. A., & H. L. Parker: Notes on parasites of *Sitona* in Europe, with especial reference to *Campogaster exigua* (Meig.). Proc. Ent. Soc., Washington, *52*, 251—258, 1950. — 35. Betrem, J. G.: Einige Bemerkungen über die Arten der *Formica rufa*-Gruppe (Hym.). Ent. Ber., Amsterdam, *14*, 322—326, 1953. — 36. Bianchi, F. A.: Notes on the role of selfintroduced insects in the economic entomology of Hawaii. Proc. Haw. Ent. Soc., *10*, 377—388, 1940. — 37. Biliotti, E.: Difficultés rencontrées dans la détermination des périodes d'intervention contre les processionaires du chêne et du pin. Rev. Path. vég., Ent. agric., France, *31*, 115—120, 1952. — 38. Bodenheimer, F. S.: Animal Ecology to-day. Uitgeverij Dr. W. Junk, Den Haag, 276 pp., 1958. — 39. Bombosch, S.: Erfahrungen über Laboratoriumszuchten aphidivorer Schwebfliegen. 8. Wandervers. Dtsch. Entomol. (München, 1957), 160—162, 1957. — 40. Bosch, R. v. d., E. I. Schlinger & E. J. Dietrick: Imported parasites established. Natural enemies of the spotted alfalfa aphid brought from the Middle East in 1955—56 now established in California. Calif. Agric., Berkeley, *11*, 11—12, 1957. — 41. Box, H. E.: The introduction of braconid parasites of *Diatraea saccharalis* Fabr., into certain of the West Indian Islands. Bull. ent. Res., *18*, 365—370, 1927—28. — 42. Box, H. E.: Investigaciones sobre los taladracores de la caña de azúcar (*Diatraea* spp.) en Venezuela; el proyecto del combate biológico, informe del progreso durante 1949—1951. Bol. técn. Venezuela Inst. Nac. Agric., (5), 52 pp., 1953. — 43. Box, H. E.: List of sugar-cane insects. A synonymic catalogue of the sugar-cane insects and mites of the world, and of their insect parasites and predators, arranged systematically. Commonw. Inst. Ent., London, 101 pp., 1953. — 44. Boyce, H. R., & G. G. Dustan: Prominent features of parasitism of twig-infesting larvae of the Oriental fruit moth, *Grapholitha molesta* (Busck) (Lepidoptera: Olethreutidae), in Ontario, Canada. Proc. 10. Int. Congr. Ent. (Montreal, 1956), *4*, 493—496, 1958. — 45. Branigan, E. J.: A satisfactory method of rearing mealybugs for use in parasite work. Calif. Comm. Hort. Monthly Bull., *5* (8), 304—306, 1916. — 46. Bravenboer, L.: Chemical and biological control of red spider (*Tetranychus urticae* Koch). Meded. Dir. Tuinbouw, Wageningen, *18*, 672—680, 1955. — 47. Bravenboer, L.: The chemical and biological control of the glasshouse red spider *Tetranychus urticae* Koch. Diss. Landbouwhogeschool, Wageningen, 85 pp., 1959 (Orig. holländisch). — 48. Briand, L. J.: Shipping of potato beetle parasites and predators to France, with notes on the species involved. Ann. Rep. Ent. Soc., Ontario, *66*, 31—34, 1935. — 49. Bruns, H.: Erfolgskontrolle und Erfolgsbeurteilung bei Kolonien der Roten Waldameise. Allg. Forstztschr., *8*, 528, 1953. — 50. Bruns, H., & A. Schrader: Abnahme der Kokondichte der Roten Kiefernbuschhornblattwespe *(Neodiprion sertifer)* bei Nestern der Roten Waldameise. Waldhygiene, *1*, 59—61, 1955. — 51. Brunson, M. H.: Mass liberation of parasites of the Oriental fruit moth for immediate reduction of infestation. J. econ. Ent., *33*, 346—349, 1940. — 52. Brunson, M. H., & H. W. Allen: Joint use of parasites and insecticides for control of the Oriental fruit moth. J. econ. Ent., *47*, 147—152, 1954. —

53. Bugdanov, G. B.: Testing *Trichogramma* as a control measure against *Cydia pomonella* in the conditions of the foot-hill zone of the northern Caucasus in 1939. Bull. Plant Protect., Leningrad (1—2), 173—178, 1940 (Orig. russisch). — 54. Burgess, A. F., & S. S. Crossman: Imported insect enemies of the gipsy moth and the brown-tail moth. US-Dept. Agric., Techn. Bull., 86, 1929. — 55. Burnett, Th.: The effect of temperature on an insect host-parasite population. Ecology, *30*, 113—134, 1949. — 56. Burst, R., & G. Ewald: Neue Untersuchungen über die Biologie und die Bekämpfungsmöglichkeiten der Lärchenminiermotte. Allg. Forstztschr., *10*, 326—329, 1955. — 57. Busvine, J. R.: The detection and measurement of insecticide resistance. Proc. 15. Int. Congr. Zool. (London), *6*, 49, 1958. — 58. Butenandt, A.: Zur Kenntnis der Sexual-Lockstoffe. Naturwiss. Rundschau, *8*, 457—464, 1955.

59. Carnes, E. K.: An explanation of the hibernating habits of *Hippodamia convergens*. Calif. Comm. Hort. Mon. Bull., *1*, 177—188, 1912. — 60. Ceballos, G., & E. Zarco: Ensayo de lucha biológica contra una plaga de *Diprion pini* (L.) en masas de *Pinus silvestris*, de la Sierra de Albarracín. Inst. esp. Ent., Madrid, 38 pp., 1952. — 61. Christenson, L. D., S. Maeda & J. R. Holloway: Substitution of dehydrated for fresh carrots in medium for rearing fruit flies. J. econ. Ent., *49*, 135—136, 1956. — 62. Clancy, D. W., P. E. Marucci & E. Dresner: Importation of natural enemies of the Oriental fruit moth in Hawaii. J. econ. Ent., *45*, 85—90, 1952. — 63. Clancy, D. W., & H. J. McAlister: New possibilities in apple pest control. Proc. 10. Int. Congr. Ent. (Montreal, 1956), *3*, 181—185, 1958. — 64. Clancy, D. W., & H. J. McAlister: Effects of spray practices on apple mites and their predators in West Virginia. Proc. 10. Int. Congr. Ent. (Montreal, 1956), *4*, 597—601, 1958. — 65. Clausen, C. P.: Some general considerations in parasite introduction. Proc. 5. Pacif. Sci. Congr. (Canada, 1933), *5*, 3525—3529, 1934. — 66. Clausen, C. P.: Insect parasitism and biological control. Ann. ent. Soc. Amer., *29*, 201—223, 1936. — 67. Clausen, C. P.: The effect of host size upon the sex ratio of hymenopterous parasites and its relation to methods of rearing and colonization. N.Y. Ent. Soc., *47*, 1—9, 1939. — 68. Clausen, C. P.: Some factors relating to colonization, recovery, and establishment of insect parasites. Proc. 6. Pac. Sci. Congr., *4*, 421—428, 1941. — 69. Clausen, C. P.: The relation of taxonomy to biological control. J. econ. Ent., *35*, 744—748, 1942. — 70. Clausen, C. P.: The time factor in biological control. J. econ. Ent., *44*, 1—9, 1951. — 71. Clausen, C. P.: Biological antagonists in the future of insect control. J. Agricultural Food Chemistry, 2 (1), 12—18, 1954. — 72. Clausen, C. P.: Biological control of fruit flies. J. econ. Ent., *49*, 176—178, 1956. — 73. Clausen, C. P.: Biological control of insect pests in the continental United States. US-Dept. Agric., Techn. Bull. No. 1139, 151 pp., 1956. — 74. Clausen, C. P.: Biological control of insect pests. Ann. Rev. Ent., *3*, 291—310, 1958. — 75. Collyer, E.: A method for the estimation of insect populations on fruit trees. 38th Rept. E. Malling Res. Sta. 1949—1950, 148—151, 1951. — 76. Collyer, E., & A. H. M. Kirby: Further studies on the influence of fungicide sprays on the balance of phytophagous and predacious mites on apple in South-East England. J. hortic. Sci., London, *34*, 39—50, 1959. — 77. Compere, H., & H. S. Smith: The control of the citrophilus mealybug, *Pseudococcus gahani*, by Australian parasites. Hilgardia, Berkeley, *6*, 585—618, 1932. — 78. Cramer, H. H.: Der Stand unseres Wissens über die Auswirkung großflächiger Schädlingsbekämpfung auf Waldbiozönosen. Z. Pflkrankh., *62*, 422—435, 1955. — 79. Crossman, S. S.: Two imported egg parasites of the gypsy moth, *Anastatus bifasciatus* Fonsc. and *Schedius kuvanae* Howard. J. agric. Res., *30*, 643—675, 1925.

80. Davidson, W. M.: Observations and experiments on the dispersion of the convergent lady-beetle *(Hippodamia convergens* Guérin) in California. Trans. Amer. ent. Soc., *50*, 163—175, 1924. — 81. DeBach, P.: An insecticidal check method for measuring the efficacy of entomophagous insects. J. econ. Ent., *39*, 695—697, 1946. — 82. DeBach, P.: Validity of insecticidal check method as a measure of the effectiveness of natural enemies of diaspine scale insects. J. econ. Ent., *48*, 584—588, 1955. — 83. DeBach, P.: Application of ecological information to control of citrus pests in California. Proc. 10. Int. Congr. Ent. (Montreal, 1956) *3*, 187—194, 1958. — 84. DeBach, P.: Selective breeding to improve adaptations of parasitic insects. Proc. 10. Int. Congr. Ent. (Montreal, 1956), *4*, 759—768, 1958. — 85. DeBach, P.: The role of weather and entomophagous species in the natural control of insect populations. J. econ. Ent., *51*, 474—484, 1958. — 86. DeBach, P., & B. Bartlett: Effects of insecticides on biological control of insect pests of citrus. J. econ. Ent., *44*, 372—383, 1951. — 87. DeBach, P., E. J. Dietrick & C. A. Fleschner: A new technique for evaluating the efficiency of entomophagous insects in the field. J. econ. Ent., *42*, 546, 1949. — 88. DeBach, P., E. J. Dietrick, C. A. Fleschner & T. W. Fisher: Periodic colonization of *Aphytis* for control of the California red scale. Preliminary tests, 1949. J. econ. Ent., *43*, 783—802, 1950. — 89. DeBach, P., T. W. Fisher & J. Landi: Some effects of meteo-

rological factors on all stages of *Aphytis lingnanensis*, a parasite of the California red scale. Ecology, *36*, 743—753, 1955. — **90.** DeBach, P., C. A. Fleschner & E. J. Dietrick: Studies of the efficacy of natural enemies of citrus red mite in Southern California. J. econ. Ent., *43*, 807—819, 1950. — **91.** DeBach, P., C. A. Fleschner & E. J. Dietrick: A biological check method for evaluating the effectiveness of entomophagous insects. J. econ. Ent., *44*, 763—766, 1951. — **92.** Decaux, F.: Destruction rationelle des insectes qui attaquent les arbres fruitiers, par l'emploi simultané des insecticides, des insectes auxiliaires, et par la protection et l'élévage de leurs ennemis naturels: les parasites. J. Soc. Hort., France, *22*, 158—184, 1899. — **93.** Delucchi, V.: L'allevamento in massa di *Apanteles rubecula* Marsh., braconide endoparassita di *Pieris rapae* L. Redia, *35*, 205—224, 1950. — **94.** Delucchi, V.: *Pullus impexus* (Muls.) (Coleoptera, Coccinellidae) a predator of *Adelges piceae* (Ratz.) (Hemiptera, Adelgidae), with notes on its parasites. (European investigations). Bull. ent. Res., *45*, 243—278, 1954. — **95.** Delucchi, V.: Biological control methods (rearing and shipping methods). Proc. 10. Int. Congr. Ent. (Montreal, 1956) *4*, 891—894, 1958. — **96.** Delucchi, V.: *Lithocolletis messaniella* Zeller (Lep. Gracilariidae). Analysis of some mortality factors with particular reference to its parasite complex. Entomophaga, *3*, 203—270, 1958. — **97.** Delucchi, V., M. Tadić & M. Bogavac: L'élevage en masse d'*Apanteles plutellae* Kurdj., (Hym., Braconidae) et de *Angitia tibialis* Grav. (Hym., Ichneumonidae), parasites endophages de *Plutella maculipennis* Curt., et notes biologiques sur ces parasites. Plant. Protection (Beograd) (21), 26—41, 1954. — **98.** Dethier, V. G.: Chemical Insect Attractants and Repellents. The Blakiston Co., Philadelphia, Penna., 289 pp., 1947. — **99.** Dethier, V. G.: Repellents. Ann. Rev. Ent., *1*, 181—202, 1956. — **100.** Dosse, G.: Arbeitsmethoden zu morphologischen und biologischen Untersuchungen an räuberischen Milben. Z. angew. Ent., *40*, 155—160, 1957. — **101.** Dosse, G.: Der Einfluß von Temperatur und Nahrung auf verschiedene Raubmilbenarten und Hinweise ... Verh. 4. Int. Pflsch.-Kongr. (Hamburg, 1957), *1*, 929—932, 1959. — **102.** Doutt, R. L.: Biological control of mealybugs infesting commercial greenhouse gardenias. J. econ. Ent., *44*, 37—40, 1951. — **103.** Doutt, R. L.: Biological control of *Planococcus citri* on commercial greenhouse *Stephanotis*. J. econ. Ent., *45*, 342, 1952. — **104.** Doutt, R. L., & G. L. Finney: Mass-culture technique for *Dibrachys cavus*. J. econ. Ent., *40*, 577, 1947. — **105.** Doutt, R. L., & K. S. Hagen: Biological control measures applied against *Pseudococcus maritimus* on pears. J. econ. Ent., *43*, 94—96, 1950. — **106.** Dowden, P. B.: Parasites of the birch leaf-mining sawfly *(Phyllotoma nemorata)*. US-Dept. Agric., Techn. Bull. 757, 1—56, 1941. — **107.** Dowden, P. B.: The importance of coordinating applied control and natural control of forest insects. J. econ. Ent., *45*, 481—483, 1952. — **108.** Dowden, P. B., & D. Crosby: The present status of the balsam woolly aphid in the United States. Proc. 10. Int. Congr. Ent. (Montreal, 1956) *4*, 823—825, 1958. — **109.** Downe, A. E. R., & A. S. West: Progress in the use of the precipitin test in entomological studies. Canad. Entomologist, *86*, 181—184, 1954. — **110.** Drees, H., & H. Schwitulla: Bekämpfung einer Epidemie von *Malacosoma neustria* L. durch die Tachine *Carcelia gnava* Meig. Z. Pflkrankh., *64*, 215—228, 1957. — **111.** Dürr, H. J. R., C. J. Joubert & S. S. Walters: The effect of application to the soil of Aldrin, Dieldrin and Chlordane on infestations of the Argentine ant *(Iridomyrmex humilis)* during a period of four years. South afr. J. agric. Sci., *1*, 75—82, 1958.

112. Elton, E. T. G.: The artificial establishment of wood ant colonies for biological control in The Netherlands. Proc. 10. Int. Congr. Ent. (Montreal, 1956), *4*, 573—578, 1958. — **113.** Emden, F. I. v.: Dipterous parasites of Coleoptera. Ent's mon. Mag., London, *86*, 182—206, 1950. — **114.** Emmel, L.: Die Wirkung von Thiodan auf die Blutlaus *(Eriosoma lanigerum* Hausm.) und die Blutlauszehrwespe *(Aphelinus mali* Hald.). Anz. Schädlkde., *31*, 123, 1958. — **115.** Escherich, K.: Die angewandte Entomologie in den Vereinigten Staaten. Berlin 1913. — **116.** Escherich, K.: Die Forstinsekten Mitteleuropas. Bd. I, 432 pp., P. Parey, Berlin 1914. — **117.** Escherich, K.: Die Forstinsekten Mitteleuropas. Bd. V, 746 pp., P. Parey, Berlin 1942.

118. Faes, H.: La préservation des plantes cultivées. D'une part, par la protection des auxiliaires naturels; d'autre part, par l'élevage et la multiplication d'animaux et végétaux ennemis des déprédateurs et parasites. Ann. Agric. Suisse, *50*, 759—773, 1936. — **119.** Fahringer, J., & F. Heikertinger: Züchtung von Hymenopteren. Handb. biol. Arbeitsmethoden, Abt. IX, 459—483, 1926. — **120.** Ferrière, Ch.: Systématique et lutte biologique. Proc. 5. Int. Congr. Ent. (Paris, 1932) 515—518, 1933. — **121.** Finkenbrink, W.: Auf dem Wege zur eucoenotischen Schädlingsbekämpfung mit chemischen Mitteln. Meded. Landbouwhoogesch., Opzoek. stat. Gent, *23*, 733—737, 1958. — **122.** Finney, G. L.: Mass-culturing *Chrysopa californica* to obtain eggs for field distribution. J. econ. Ent., *43*, 97—100, 1950. — **123.** Finney, G. L., S. E. Flanders & H. S. Smith: Mass culture of *Macrocentrus ancy-*

livorus and its host, the potato tuber moth. Hilgardia, Berkeley, *17*, 437—483, 1947. — **124.** FLANDERS, S. E.: Evaluation of *Trichogramma* liberations. J. econ. Ent., *23*, 886—887, 1930. — **125.** FLANDERS, S. E.: Mass production of egg parasites of the genus *Trichogramma*. Hilgardia, Berkeley, *4*, 465—501, 1930. — **126.** FLANDERS, S. E.: The effect of cold storage on the reproduction of parasitic Hymenoptera. J. econ. Ent., *31*, 633, 1938. — **127.** FLANDERS, S. E.: Searching for entomophagous insects. J. econ. Ent., *33*, 754—759, 1940. — **128.** FLANDERS, S. E.: Propagation of black scale on potato sprouts. J. econ. Ent., *35*, 687—689, 1942. — **129.** FLANDERS, S. E.: Mass production of the California red scale, and its parasite *Comperiella bifasciata*. J. econ. Ent., *36*, 233—235, 1943. — **130.** FLANDERS, S. E.: The potato tuber worm, a host suitable for mass production of *Macrocentrus ancylivorus*. J. econ. Ent. *36*, 807, 1943. — **131.** FLANDERS, S. E.: Observations on *Prospaltella perniciosi* and its mass production. J. econ. Ent., *37*, 105, 1944. — **132.** FLANDERS, S. E.: The role of the spermatophore in the mass propagation of *Macrocentrus ancylivorus*. J. econ. Ent., *38*, 323—327, 1945. — **133.** FLANDERS, S. E.: A host-parasite community to demonstrate balance. Ecology, *29*, 123, 1948. — **134.** FLANDERS, S. E.: Use of potato tubers in mass culture of diaspine scale insects. J. econ. Ent., *40*, 746, 1948. — **135.** FLANDERS, S. E.: Black scale control. Supply of natural enemy developed by using pests as foster host on noneconomic plants. Calif. Agriculture, (May), *7*, 14, 1949. — **136.** FLANDERS, S. E.: Culture of entomophagous insects. Canad. Entomologist, *81*, 257—274, 1949. — **137.** FLANDERS, S. E.: Mass culture of California red scale and its golden chalcid parasites. Hilgardia, Berkeley, *21*, 1—42, 1951. — **138.** FLANDERS, S. E.: Biological observations on parasites of the black scale. Ann. Ent. Soc. Amer., *45*, 543—549, 1952. — **139.** FLANDERS, S. E.: Aphelinid biologies with implications for taxonomy. Ann. Ent. Soc. Amer., *46*, 84—94, 1953. — **140.** FLANDERS, S. E.: Culture of entomophagous insects. Proc. 7. Pacif. Congr., *4*, 259—277, 1953. — **141.** FLANDERS, S. E.: Variations in susceptibility of citrus-infesting coccids to parasitization. J. econ. Ent., *46*, 266—269, 1953. — **142.** FLANDERS, S. E.: Fecundity of entomophagous insects under mass culture, an effect of environmental resistance. Ecology, *35*, 245—249, 1954. — **143.** FLANDERS, S. E.: Conservation and augmentation of entomophagous populations. Manuskript, 1955. — **144.** FLANDERS, S. E.: Mündl. Mitteilung, 1956 (Riverside). — **145.** FLANDERS, S. E.: The role of the ant in the biological control of scale insects in California. Proc. 10. Int. Congr. Ent. (Montreal, 1956), *4*, 579—584, 1958. — **146.** FLANDERS, S. E.: Biological control. J. econ. Ent., *52*, 784—785, 1959. — **147.** FLANDERS, S. E.: The employment of exotic entomophagous insects in pest control. J. econ. Ent., *52*, 71—75, 1959. — **148.** FLEMING, W. E.: Biological control of the Japanese beetle especially with entomogenous diseases. Proc. 10. Int. Congr. Ent. (Montreal, 1956), *3*, 115—125, 1958. — **149.** FLESCHNER, C. A.: Host-plant resistance as a factor influencing population density of citrus red mites on orchard trees. J. econ. Ent., *45*, 687—695, 1952. — **150.** FLESCHNER, C. A.: Field approach to population studies of tetranychid mites on citrus and avocado in California. Proc. 10. Int. Congr. Ent. (Montreal, 1956), *2*, 669—674, 1958. — **151.** FLESCHNER, C. A.: Biological control of insect pests. Science, *129*, 537—544, 1959. — **152.** FLESCHNER, C. A., J. C. HALL & D. W. RICKER: Natural balance of mite pests in an avocado grove. Calif. Avocado Soc. Yearb., *39*, 155—162, 1955. — **153.** FORD, R. L. E.: On collecting and rearing parasitic Hymenoptera with special reference to the genus *Apanteles* (Hym., Braconidae). Proc. R. ent. Soc., London, A, *18*, 89—94, 1943. — **154.** FRANSSEN, C. J. H.: Biologische bestrijding van de sabelsprinkhaan *Sexava nubila* St. op de Talaude-eilanden. Ent. Ber., Amsterdam, *15*, 99—102, 1954. — **155.** FRANZ, J.: Die Erfolgskontrolle bei der biologischen Schädlingsbekämpfung. Allg. Forst-, Jagd-Ztg., *125*, 193—199, 1954. — **156.** FRANZ, J.: Möglichkeiten, Grenzen und Aufgaben der biologischen Schädlingsbekämpfung in Deutschland. Anz. Schädlkde., *27*, 97—102, 1954. — **157.** FRANZ, J.: Beobachtungen über die natürliche Sterblichkeit des Kartoffelkäfers *Leptinotarsa decemlineata* (Say) in Kanada. Entomophaga, *2*, 197—212, 1957. — **158.** FRANZ, J.: Persönliche Eindrücke vom Stand der biologischen Schädlingsbekämpfung in Nordamerika. Nachrbl. dtsch. Pflschutzd. Braunschweig, *9*, 49—56, 1957. — **159.** FRANZ, J.: Biologische Schädlingsbekämpfung im Gewächshaus. Gartenwelt, *57*, 335—336, 1957. — **160.** FRANZ, J.: Biologischer Pflanzenschutz in der Kulturlandschaft. Natur u. Landschaft, *33*, 66—69, 1958. — **161.** FRANZ, J.: Studies on *Laricobius erichsonii* Rosenh. (Coleoptera: Derodontidae) a predator on chermesids. Entomophaga, *3*, 109—196, 1958. — **162.** FRANZ, J.: The effectiveness of predators and food in limiting gradations of *Adelges (Dreyfusia) piceae* (Ratz.) in Europe. Proc. 10. Int. Congr. Ent. (Montreal, 1956), *4*, 781—787, 1958. — **162 a.** FRANZ, J.: Biological control of pest insects in Europe. Ann. Rev. Ent., *6*, 1961. — **163.** FRANZ, J., & H. KARAFIAT: Eignen sich Kartierung und Serienphotographie von Tannenläusen für Massenwechselstudien? Z. angew. Ent., *43*, 100—112, 1958. — **164.** FRANZ, J., & G. WELLENSTEIN: Lassen sich durch eine Frühbegiftung die natürlichen Feinde des Tannentrieb-

wicklers *(Choristoneura murinana* [Hb.]) schonen? Z. Pflkrankh., *65*, 20—32, 1958. — **165.** Friederichs, K.: Die Bedeutung der Biocönosen für den Pflanzenschutz gegen Tiere. Z. angew. Ent., *12*, 385—411, 1927. — **166.** Froggatt, W. W.: The effects of fumigation with hydrocyanic gas upon lady beetle larvae and other parasites. Agric. Gaz. New South Wales, *16*, 1088—1089, 1905. — **167.** Fulmek, L.: Insekten als Blattlausfeinde. Kritisch-statistische Sichtung. Ann. Naturhist. Mus. Wien, *61*, 110—227, 1957.

168. Gäbler, H.: Vorteile der Frühbestäubung bei der Nonne unter besonderer Berücksichtigung der Tachinenvermehrung. Z. angew. Ent., *31*, 441—454, 1950. — **169.** Gäbler, H.: Giftspritzringmethode und ihre Entwicklungsmöglichkeiten. Anz. Schädlkde., *24*, 35—36, 1951. — **170.** Gaprindašvili, N. K.: Results of the studies to possibilities of increasing of *Lindorus* cold resistance. 3. Soveščanie Vsesojuzn. Entomol. Obšč. II., Tbilissi, 25—27, 1957 (Orig. russisch). — **171.** Gaprindašvili, N. K., & T. N. Novickaja: On plant-penetrating insecticides and biological method of pest control. Agrobiologija (1), 104—108, 1957 (Orig. russisch). — **172.** Gaprindašvili, N. K., & T. N. Novickaja: Über das Zusammenwirken chemischer und biologischer Methoden des Kampfes gegen einige Schädlinge in den Citrusanpflanzungen Georgiens. In: Biologičeskij Metod Bor'by s Vrediteljami sel'skochozjajstvennych Kul'tur i lesnych nasaždenij. Izdanie Ministerstva sel'skogo Chozjajstva Moldavskoj SSR, Kišinev, 11—12, 1958 (Orig. russisch). — **173.** Gardner, T. R.: Comparative oviposition efficiency and collection costs of imported versus established *Tiphia vernalis* Rohwer, a parasite of the Japanese beetle. J. econ. Ent., *27*, 497—499, 1934. — **174.** Gersdorf, E.: Untersuchungen an Puppentönnchen der Rübenfliege aus dem Schwimmschlamm der Rübenschwämmwässer. Zucker, *11*, 325—330, 1958. — **175.** Getzendaner, C. W.: Parasitizing European earwig with *Bigonicheta setipennis* Fall. Recent developments in methods and equipment. J. econ. Ent., *29*, 1105—1114, 1936. — **176.** Ghesquière, J.: Les possibilités de l'Afrique noire dans l'approvisionnement international en entomophages. Union Int. Sci. Biol., Sér. B., (5), 93—98, 1949. — **177.** Goot, P. van der: Introduction into Java of *Microbracon chinensis* Szep., a parasite of Pyralid caterpillars boring in rice plants. Meded. Alg. Proefstat. Landbouw, Buitenzorg, No. 63, 3—12, 1948 (Orig. holländisch). — **178.** Gösswald, K.: Die Rote Waldameise im Dienste der Waldhygiene. Metta Kienau-Verlag, Wolf u. Täuber, Lüneburg, 160 pp., 1952. — **179.** Gösswald, K.: Anlage einer Station zur Massenzucht von Königinnen der Kleinen Roten Waldameise. Z. angew. Ent., *33*, 77—104, 1952. — **180.** Gösswald, K.: Übersicht über die vom Institut für Angewandte Zoologie der Universität Würzburg durchgeführten Vermehrungen der Roten Waldameise. Waldhygiene, *1*, 79—82, 1955. — **181.** Gösswald, K.: Bildung von Ablegern der Kleinen Roten Waldameise durch Nestaufteilung (Verfahren I). Merkbl. z. Waldhyg., Ser. A, Ameisen Nr. 4, 16 pp., 1955. — **182.** Gösswald, K.: Bildung von Ablegern der Kleinen Roten Waldameise auf der Grundlage einer Massenzucht von Königinnen (Verfahren II). Waldhygiene, *2*, 54—72, 1957. — **183.** Gösswald, K.: Über die biologischen Grundlagen der Zucht und Anweiselung junger Königinnen der Kleinen Roten Waldameise nebst praktischen Erfahrungen. Waldhygiene, *2*, 33—53, 1957. — **184.** Gösswald, K.: Neue Erfahrungen über Einwirkung der Roten Waldameise auf den Massenwechsel von Schadinsekten sowie einige methodische Verbesserungen bei ihrem praktischen Einsatz. Proc. 10. Int. Congr. Ent. (Montreal, 1956), *4*, 567—571, 1958. — **185.** Gösswald, K.: Über die Auswirkungen von Spechten auf die Rote Waldameise. Waldhygiene, *2*, 234—251, 1958. — **186.** Gösswald, K., & W. Kloft: Der Eichenwickler *(Tortrix viridana* L.) als Beute der Mittleren und Kleinen Roten Waldameise. Waldhygiene, *1*, 205—215, 1956. — **187.** Gösswald, K., & G. Schmidt: Zur morphologischen und biochemischen Differenzierung der Waldameisen (Hym., Form., Gen. Formica) und ihrer waldhygienischen Bedeutung. Waldhygiene, *3*, 37—46, 1959. — **188.** Gressitt, J. L., & S. E. Flanders: New developments in the transport of beneficial insects. J. econ. Ent., *42*, 150, 1949. — **189.** Grison, P., & E. Biliotti: Relations entre biologie des insectes entomophages et l'application des traitements chimiques. C. R. Acad. Agric., *37*, 610—613, 1951. — **190.** Grison, P., & E. Biliotti: Le rôle des "stations-refuges" dans la conservation et la dispersion des insectes phytophages et entomophages. Proc. 5. Techn. Meet. Int. Union Prot. Nat. (Copenhagen, 1954), 137—146, 1956.

191. Hafez, M., & R. L. Doutt: Biological evidence of sibling species in *Aphytis maculicornis* (Masi). (Hymenoptera, Aphelinidae). Canad. Entomologist, *86*, 90—96, 1954. — **192.** Hagen, K. S.: Fecundity of *Chrysopa californica* as affected by synthetic food. J. econ. Ent. *43*, 101—104, 1950. — **193.** Hagen, K. S., J. K. Holloway, F. E. Skinner & G. L. Finney: Aphid parasites established. Calif. Agric., Berkeley, *12*, 3, 15, 1958. — **194.** Hagen, K. S., & R. F. Smith: Chemical and biological methods of pest control. Agric. Chem., Baltimore, *13*, 30—32, 89—92, 1958. — **195.** Hanson, H. S.: Ecological notes on the *Sirex* wood wasps and their parasites. Bull. ent. Res., *30*, 27—65, 1939. — **196.** Hardy,

J. E.: *Plutella maculipennis*, Curt., its natural and biological control in England. Bull. ent. Res., *29*, 343—372, 1938. — **197.** Hase, A.: Weitere Beiträge zur Frage der biologischen Bekämpfung von Schadinsekten, insbesondere über die Bekämpfung der Mehlmotten mit Hilfe von Schlupfwespen. Arb. Biol. Reichsanst., *12*, 51—78, 1923. — **198.** Hase, A.: Beiträge zur Lebensgeschichte der Schlupfwespe *Trichogramma evanescens* Westwood. Arb. Biol. Reichsanst., *14*, 171—224, 1925. — **199.** Haug, G. W.: Rearing the coccinellid *Hippodamia convergens* Guer. on frozen aphids. Ann. Ent. Soc. Amer., *31*, 240—248, 1938. — **200.** Haug, G. W.: Mass egg production by the coccinellid *Hippodamia convergens* Guer. Ann. Ent. Soc. Amer., *31*, 366—369, 1938. — **201.** Hazelhoff, E. H.: Biological control of a sugar cane aphid by transferring its native parasite from the old to the young fields. Trans. 4. Int. Congr. Ent. (Ithaca, 1928), *2*, 55—61, 1929. — **202.** Heintz, E.: Des répulsifs nouveaux: Les „répulsifs spécifiques". Expériences sur l'abeille et le doryphore. Phytiatrie — Phytopharmacie, *4*, 45—54, 1955. — **203.** Henderson, C. S., & H. V. McBurnie: Sampling technique for determining populations of the citrus red mite and its predators. USDA, Wash., Circ. No. 671, 1943. — **203a.** Hennig, W.: Die Larvenformen der Dipteren. Akademie-Verlag, Berlin, Teil 1—3, 1270 pp., 1948—1952. — **204.** Hensley, S. D., & K. D. Arbuthnot: *Diatraea grandiosella* Dyar as a host of *Chelonus annulipes* Wesm. J. econ. Ent., *48*, 611—612, 1955. — **204 a.** Herting, B.: Biologie der westpaläarktischen Raupenfliegen Dipt., Tachinidae. Monogr. angew. Entom. Nr. 16, 188 pp., P. Parey, Hamburg u. Berlin, 1960. — **205.** Heydemann, B.: Erfassungsmethoden für die Biozönosen der Kulturbiotope. In: Balogh, J.: Lebensgemeinschaften der Landtiere. Verlag d. Ungar. Akad. d. Wissenschaften, 454—537, 1958, Budapest. — **206.** Hinds, W. E., B. A. Osterberger & A. L. Dugas: Sugarcane borer control by *Trichogramma* in Louisiana. J. econ. Ent., *27*, 788—795, 1934. — **207.** Holloway, T. E., W. E. Haley, N. C. Loftin & C. Heinrich: The sugar cane moth borer in the United States. US.-Dept. Agric., Techn. Bull., 41, 1928. — **208.** Hoskins, W. M., & H. T. Gordon: Arthropod resistance to chemicals. Ann. Rev. Ent., *1*, 89—122, 1956. — **209.** House, H. L.: Nutritional requirements of insects associated with animal parasitism. Exp. Parasitol., *7*, 555—609, 1958. — **210.** Howard, L. O.: The practical use of the insect enemies of injurious insects. Yearbook US. Dept. Agric. 1916, 273—288, 1917. — **211.** Howard, L. O.: A history of applied entomology. Smithson. Misc. Coll. 84 (Publ. 3065), 1930. — **212.** Howard, L. O., & W. Fiske: The importation into the United States of the parasites of the gipsy moth and the browntail moth. US.-Dept. Agric., Bur. Ent., Bull. 91, 1911. — **213.** Hueck, H. J., D. J. Kuenen, P. J. den Boer & E. Jaeger-Draafsel: The increase of egg production of the fruit tree red spider mite (*Metatetranchyus ulmi* Koch) under influence of DDT. Physiol. comp., Oecol., Den Haag, *2*, 371—377, 1952. — **214.** Huffaker, C. B., & C. E. Kennett: Developments toward biological control of cyclamen mite on strawberries in California. J. econ. Ent., *46*, 802—812, 1953. — **215.** Huffaker, C. B., & C. E. Kennett: Control of cyclamen mite. (Stocking test plots in new fields with natural enemies has given biological control on strawberries in first crop year.) Calif. Agric., Berkeley, *10*, 7, 12, 1956. — **216.** Huffaker, C. B., & C. E. Kennett: Experimental studies on predation: Predation and cyclamen-mite populations on strawberries in California. Hilgardia, Berkeley, *26*, 191—222, 1956.

217. Imms, A. D.: Recent Advances in Entomology. 2. Aufl., London, 1937. — **218.** Isaakides, C. A.: Sur la lutte biologique contre le *Dacus oeleae* Rossi. Entomophaga, *2*, 245—249, 1957.

219. Jachontov, V. V.: Coccinellid control of *Hypera variabilis*. Vuisšaja Škola, *1*, 77—81, 1937 (Orig. russisch). — **219a.** Jachontov, V. V.: Die Möglichkeiten der Erhöhung der Vitalität örtlich vorhandener Entomophagen durch innerartliche Hybridisation. In: Rezolj. Soveščč. po Probl. biol. Met. Bor'by s Vrediteljami, sozv. Zool. Inst. Akad. Nauk SSSR (19.—21. 3. 1957) Izdatel'stvo Akademii Nauk SSSR, Leningrad, Moskau, 44—46, 1957 (Orig. russisch). — **220.** Jaynes, H. A., & E. K. Bynum: Experiments with *Trichogramma minutum* Riley as a control of the sugarcane borer in Louisiana. US.-Dept. Agric., Techn. Bull. 743, 43 pp., 1941. — **221.** Jenkins, C. F. H.: Biological control in Western Australia. J. Roy. Soc. West. Austr., *32*, 1—17, 1948. — **222.** Jepson, W. F.: A critical review of the world literature on the lepidopterous stalk borers of tropical gramminaceous crops. Commonw. Inst. Ent., London, 127 pp., 1954. — **223.** Johnson, N. E., & H. J. Heikkenen: A method for field studies of the balsam woolly aphid. J. econ. Ent., *51*, 540—542, 1958. — **224.** Jones, D. W.: Some notes on the technic of handling parasites. J. econ. Ent., *19*, 311—316, 1926. — **225.** Jourdan, M. L.: Compte-rendu d'une mission pour l'étude d'une méthode de lutte biologique utilisée en Iran, contre la punaise du blé *(Eurygaster integriceps* Put.). Verh. 4. Int. Pflsch.-Kongr. (Hamburg, 1957), *1*, 855—859, 1959.

226. Kalshoven, L. G. E., J. v. d. Vecht, H. J. V. Sody & A. C. V. v. Bemmel: De plagen van de cultuurgewassen in Indonesie. Teil I + II. W. van Hoeve, 's-Gravenhage/

Bandoeng, 1065 pp., 1950/51. — **227.** Kamal, M.: Biological control projects in Egypt, with a list of introduced parasites and predators. Bull. Soc. Fouad Ier d'Ent., *35*, 205—220, 1951. — **228.** Karafiat, H.: Neue Wege der Populationsanalyse an rindenbewohnenden Arthropoden. Nachrbl. dtsch. Pflschd., Braunschweig, *7*, 133—136, 1955. — **229.** Karafiat, H.: Zur Methodik der Massenwechsel-Untersuchung an sessilen Arthropoden. Z. Pflkrankh., *64*, 663—676, 1957. — **230.** Karafiat, H., & J. Franz: Studien zur Populationsdynamik der Tannenstammlaus *Adelges (Dreyfusia) piceae* (Ratz.) (Hemipt., Adelgidae). Zool. Jb., Abt. Syst., Ökol., Geogr. Tiere, *84*, 467—504, 1956. — **231.** Karlson, P., & A. Butenandt: Pheromones (ectohormones) in insects. Ann. Rev. Ent., *4*, 39—58, 1959. — **232.** Karpova, A. I.: The prospects of controlling the pea bruchid by the biological method with the aid of egg-parasite *Lathromeris senex* (Grese) (Hymenoptera, Trichogrammatidae). Rev. Ent. URSS, *31*, 54—62, 1950 (Orig. russisch). — **233.** Kauth, H., & W. Madel: Über die Ergebnisse der im Schwarzwald und Hunsrück von 1952 bis 1954 durchgeführten Freilandversuche zur Anlockung des Großen Braunen Fichtenrüsselkäfers, *Hylobius abietis* L. mit Lockstoffen. Z. angew. Ent., *37*, 245—249, 1955. — **234.** Kirby, W., & W. Spence: An Introduction to Entomology. 517 pp., London, 1816. — **235.** Kovaëova, M. F. (edit.): Anleitung für die Massenzucht und Ansammlung von *Trichogramma* zur Bekämpfung von Schädlingen landwirtschaftlicher Kulturen (für Distrikts- und Kolchoselaboratorien). Deržavne Vidavnictvo Sil's'kogospodars'koi Literaturi Ukrainskoi RSR, Kiev, 38 pp. 1956 (Orig. russisch). — **236.** Krombein, K. V., & others: Hymenoptera of America North of Mexico: synoptic catalog. US.-Dept. Agric., Agric. Monogr. No. 2. First supplement, 305 pp., 1958. — **237.** Kruel, W.: Anwendung und Ergebnisse biologischer Bekämpfungsmaßnahmen gegen forstschädliche Insekten in der Sowjetunion. Verh. dtsch. Ges. angew. Ent., 14. Mitgl.vers. (Göttingen, 1957), 28—36, 1958. — **238.** Kuenen, D. J., & J. de Wilde: The modified spray programme for fruit trees developed by A. D. Pickett. Meded. Dir. Tuinbouw, Wageningen, *19*, 867—873, 1956 (Orig. holländisch).

239. Labeyrie, V.: Remarques sur la mise au point d'un élevage semi-industriel de *Macrocentrus ancylivorus* Roh. Entomophaga, *2*, 271—281, 1957. — **240.** Labeyrie, V.: Technique d'élevage de *Chelonus contractus* Nees. parasite de *Phthorimea ocellatella* Boyd. Entomophaga, *4*, 43—46, 1959. — **241.** Lange, R.: Die deutschen Arten der *Formica rufa*-Gruppe. Zool. Anz., *161*, 238—243, 1958. — **242.** Leefmans, S.: Biologische Bekämpfung von Insektenplagen in Niederländisch-Indien durch interinsulären Transport von Parasiten. Landbouwkundg. Tijdschr., *47*, (571) 1—11, 1935 (Orig. holländisch). — **243.** Lord, F. T.: The influence of spray programs on the fauna of apple orchard in Nova Scotia: II. Oystershell scale, *Lepidosaphes ulmi* (L.). Canad. Entomologist, *79*, 196—209, 1947. — **244.** Lord, F. T., H. H. Herbert & A. W. MacPhee: The natural control of phytophagous mites on apple trees in Nova Scotia. Proc. 10. Int. Congr. Ent. (Montreal, 1956), *4*, 617—622, 1958. — **245.** Lord, F. T., & A. W. MacPhee: The influence of spray programs on the fauna of apple orchards in Nova Scotia. VI. Low temperatures and the natural control of the oystershell scale, *Lepidosaphes ulmi* (L.) (Homoptera: Coccidae). Canad. Entomologist, *85*, 282—291, 1953. — **246.** Lozinskij, V. A., & J. S. Romanova: Über den Einfluß von Flugzeugbekämpfung auf den Ringelspinner und seine Eiparasiten unter Waldbedingungen. In: Biologičeskij Metod Bor'by s Vrediteljami sel'skochozjajstvennych Kul'tur i lesnych nasaždenij. Izdanie Ministerstva sel'skogo Chozjajstva Moldavskoj SSR, Kišinev, 28, 1958 (Orig. russisch-Vortragszusammenfassung). — **247.** Lund, H. O.: Studies on longevity and productivity in *Trichogramma evanescens*. J. agric. Res., *56*, 421—439, 1938.

248. MacPhee, A. W., & K. H. Sanford: The influence of spray programs on the fauna of apple orchards in Nova Scotia. VII. Effects on some beneficial arthropods. Canad. Entomologist, *86*, 128—135, 1954. — **249.** MacPhee, A. W., & K. H. Sanford: The influence of spray programs on the fauna of apple orchards in Nova Scotia. X. Supplement to VII. Effects on some beneficial arthropods. Canad. Entomologist, *88*, 631—634, 1956. — **250.** McLeod, J. H.: The control of the greenhouse whitefly in Canada by the parasite *Encarsia formosa* Gahan. Sci. Agric., Ottawa, *18*, 529—535, 1938. — **251.** McLeod, J. H.: Biological control of greenhouse insect pests. Ann. Rep. ent. Soc. Ont., *70*, 62—68, 1940. — **252.** McLeod, J. H.: Statuses of some introduced parasites and their hosts in British Columbia. Ent. Soc. Brit. Columbia (1953), *50*, 19—27, 1954. — **253.** Marchal, P.: Utilisation des insectes auxiliaires entomophages dans la lutte contre les insectes nuisibles à l'agriculture. Ann. Inst. Nat. Agron., Sér. 2, *6*, 281—354, 1907. — **254.** Marlatt, C. L.: The scale insect and mite enemies of citrus trees. US-Dept. Agric. Yearbook 1900, 247—290, 1901. — **255.** Martin, C. H., & G. L. Finney: Factors involved in the separation of *Macrocentrus ancylivorus* cocoons from tuber worm pupae. J. econ. Ent., *39*, 29—35, 1946. — **256.** Massee, A. M.: Overwintering of the woolly aphid parasite (*Aphelinus mali* Hald.) in low tempera-

ture apple stores. 33rd Rep. E. Malling Res. Sta. (1945), 142—143, East Malling, 1946. — **257.** Massee, A. M.: Problems arising from the use of insecticides: effect on the balance of animal populations. Rep. 6. Commonwealth Ent. Conf., 53—57, 1954. — **258.** Massee, A. M.: The effect on the balance of arthropod populations in orchards arising from the unrestricted use of chemicals. Proc. 10. Int. Congr. Ent. (Montreal, 1956), *3*, 163—168, 1958. — **259.** Massee, A. M., & W. Steer: Tar-distillate washes and red spider. J. Minist. Agric., *36*, 253—257, 1929. — **260.** Mathys, G.: Massenauftreten von Spinnmilben als biozönotisches Problem. Mitt. Biol. Bundesanst., Berlin-Dahlem (85), 34—40, 1956. — **261.** Mathys, G.: The control of phytophagous mites in Swiss vineyards by *Typhlodromus* species. Proc. 10. Int. Congr. Ent. (Montreal, 1956), *4*, 607—610, 1958. — **262.** Matš, G. E.: Zusammenstellung der Wirte der hauptsächlichsten europäischen Scoliidenarten. Bull. Plant Protect. Leningrad, 93—101, 1940 (Orig. russisch). — **263.** Maybee, G. E.: Observations, life-history, habits, immature stages, and rearing of *Loxotropa tritoma* (Thoms.) (Hymenoptera: Proctotrupoidea) a parasite of the carrot rust fly, *Psila rosae* (F.) (Diptera: Psilidae). Ann. Rep. Ent. Soc. Ont., *86*, 53—58, 1955. — **264.** Menzel, R.: Die biologische Bekämpfung der Teewanze (*Helopeltis antonii* Sign.). Mitt. Biol. Zentralanst. (7), 34—36, 1953. — **265.** Meyer, N. F.: Biologische Bekämpfungsmethode gegen schädliche Insekten. 2. Aufl., Moskau u. Leningrad, 1937 (Orig. russisch). — **266.** Michelbacher, A. E., & St. Hitchcock: Induced increase of soft scales on walnut. J. econ. Ent., *51*, 427—431, 1958. — **267.** Michelbacher, A. E., & W. W. Middlekauff: Control of the melon aphid in Northern California. J. econ. Ent., *43*, 444—447, 1950. — **268.** Miller, C. A.: A technique for assessing spruce budworm larval mortality caused by parasites. Canad. J. Zool., *33*, 5—17, 1955. — **269.** Miller, D.: New Zealand as a source of entomophagous insects. Union Int. Sci. Biol., Sér. B (5), 45—47, 1949. — **270.** Miller, D., A. F. Clark & L. J. Dumbleton: Biological control of noxious insects and weeds in New Zealand. New Zealand J. Sci., Technol., *18*, 579—593, 1936. — **271.** Miller, W. E., & R. B. Neiswander: Biology and control of the European pine shoot moth. Ohio Agric. Exp. Sta., Res. Bull. 760, 31 pp., 1955. — **272.** Moreton, B. D.: Beneficial insects. Ministr. Agriculture, Fisheries and Food, Bull. No. 20, 1—49, 1958. — **273.** Morgan, C. V. G., & N. H. Anderson: Some aspects of a ryania-glyodin spray schedule in British Columbia apple orchards. I. Entomological, horticultural, and economic aspects. Canad. J. Plant Sci., *37*, 423—433, 1957. — **274.** Morgan, C. V. G., D. A. Chant, N. H. Anderson & G. L. Ayre: Methods for estimating orchard mite populations, especially with the mite brushing machine. Canad. Entomologist, *87*, 189—200, 1955. — **275.** Morris, R. F.: The development of sampling techniques for forest insect defoliators, with particular reference to the spruce budworm. Canad. J. Zool., *33*, 225—294, 1955. — **276.** Morris, R. F.: The interpretation of mortality data in studies on population dynamics. Canad. Entomologist, *89*, 49—69, 1957. — **277.** Morris, R. F.: Sampling insect populations. Ann. Rev. Ent., *5*, 243—264, 1960. — **278.** Morris, R. F., & C. A. Miller: The development of life tables for the spruce budworm. Canad. J. Zool., *32*, 283—301, 1954. — **279.** Morris, R. F., & W. A. Reeks: A larval population technique for the winter moth (*Operophthera brumata* [Linn.]) (Lepidoptera: Geometridae). Canad. Entomologist, *86*, 433—438, 1954. — **280.** Muesebeck, C. W. F., K. V. Krombein, H. K. Townes & others: Hymenoptera of America North of Mexico. Synoptic catalog. US.-Dept. Agric., Agric. Monogr. No. 2, 1420 pp., 1951. — **281.** Müller, H.: Können Honigtau liefernde Baumläuse (Lachnidae) ihre Wirtspflanzen schädigen? Z. angew. Ent., *39*, 168—177, 1956.

282. Neumark, S.: *Chrysopa carnea* St. and its enemies in Israel. Forest Res. Stat. Ilanoth, No. 1, 1—127, 1952. — **283.** Nicholls, C. F.: A sectional insectary structurally adaptable to changing requirements. Canad. Entomologist, *90*, 246—248, 1958. — **284.** Nicholson, A. J.: Indirect effects of spray practice on pest populations. Verh. 7. Int. Kongr. Ent. (Berlin, 1938), *4*, 3022—3028, 1939. — **285.** Nicholson, A. J.: Possibilities of the Australian region for the international provision of beneficial insects. Union Int. Sci. Biol., Sér. B (5), 43—44, 1949. — **286.** Nishida, T., & H. A. Bess: Applied ecology in melon fly control. J. econ. Ent., *43*, 877—883, 1950. — **287.** Nuorteva, M.: Über die Voraussetzungen der biologischen Bekämpfung der Borkenkäfer mit Hilfe ihrer Insektenfeinde in der finnischen Waldpflege. Verh. 4. Int. Pflsch.-Kongr. (Hamburg, 1947), *1*, 1025—1027, 1959.

288. O'Connor, B. A.: Biological control of insects and plants in Fiji. Proc. 7. Pacif. Sci. Congr., New Zealand, *4*, 278—293, 1953. — **289.** Okada, J., T. Maki & H. Kuroda: Studies on the control of rice borers. I. Observation on the liberation of some hymenopterous parasites living in the eggs of the rice borer, *Chilo simplex* Butler. Jap. Min. Agr., Forest. Bull., 69, 78 pp., 1934. — **290.** Orr, L. W., & R. C. Hall: An experiment in direct biotic control of a scale insect on pine. J. econ. Ent., *24*, 1087—1089, 1931. — **291.** Ostrovskij, N. I.: A problem of the protection of beneficial insects at the chemical treatments. Zemledelie, Kiev, No. 1, 110—112, 1956 (Orig. russisch).

292. Painter, R. H.: Insect Resistance in Crop Plants. McMillan, New York, 520 pp., 1951. — **293.** Parker, H. L.: The handling, transporting, packing, and shipping of insects, particularly parasites and predators. Union Int. Sci. Biol., Sér. B (5), 121—127, 1949. — **294.** Patterson, N. A., & C. R. MacLellan: Control of the codling moth and other orchard pests with ryania. 85. Ann. Rep. Ent. Soc. Ont., 25—32, 1954. — **295.** Pavan, M.: Primi risultati di un esperimento pratico di lotta biologica con *Formica rufa* L. (s. l.) contro Processionaria del pino (*Thaumetopoea pityocampa* Sch.). Atti Soc. Sci Nat. Milano, *90*, 43—54, 1951. — **296.** Pavan, M.: Bericht über die bisher in Italien durchgeführten Arbeiten zur biologischen Bekämpfung der Schadinsekten im Wald mit Hilfe der Roten Waldameise. Waldhygiene, *2*, 73—75, 1957. — **297.** Pavan, M.: Primi dati sul censimento delle populazioni naturali di „*Formica rufa*" esistenti nell'arco alpino italiano. Not. Forest. Mont., *3*, 1572; *4*, 1598, 1958 u. 1959. — **298.** Pemberton, C. E.: History of the Entomology Department Experiment Station, H. S. P. A. 1904—1945. Hawaii Plant.' Rec. *52*, 53—90, 1948. — **299.** Pemberton, C. E.: The control of the grass armyworm, *Laphygma exempta* (Walker) in Hawaii by parasites. Hawaii. Plant.' Rec., *52*, 181—200, 1948. — **300.** Pemberton, C. E.: The biological control of insects in Hawaii. Proc. 7. Pacif. Sci. Congr., New Zealand, *4*, 220—223, 1953. — **301.** Pemberton, C. E., & H. F. Willard: Interrelations of fruit-fly parasites in Hawaii. J. agric. Res., *12*, 285—296, 1918. — **302.** Pesson, P.: L'avenir de la lutte chimique et la lutte biologique dans le défense de nos cultures. Ann. Inst. Nat. Agron., *41*, 75—118, 1954/55. — **303.** Peterson, A.: A Manual of Entomological Techniques. Edwards Brothers, Inc., Ann Arbor, Michigan, 367 pp., 1955. — **304.** Petersen, B. Beier: The saw-fly *Lygaeonematus abietinus* Christ — 2. continued control experiments and their effect on the parasitism of the larval stage. Det forstlige Forsøgsvaesen i Danmark, *25*, 49—61, 1958 (Orig. dänisch). — **305.** Pickett, A. D.: A critique on insect chemical control methods. Canad. Entomologist, *81*, 1—10, 1949. — **306.** Pickett, A. D., & N. A. Patterson: The influence of spray programs on the fauna of apple orchards in Nova Scotia. IV. A review. Canad. Entomologist, *85*, 472—478, 1953. — **307.** Pickett, A. D., N. A. Patterson, H. T. Stultz & F. T. Lord: The influence of spray programs on the fauna of apple orchards in Nova Scotia: I. An appraisal of the problem and a method of approach. Sci. Agric. Ottawa, *26*, 590—600, 1946. — **308.** Pickett, A. D., Wm. L. Putman & E. J. LeRoux: Progress in harmonizing biological and chemical control of orchard pests in Eastern Canada. Proc. 10. Int. Congr. Ent. (Montreal, 1956), *3*, 169—174, 1958. — **309.** Pielou, D. P., & R. F. Glasser: Selection for DDT tolerance in a beneficial parasite, *Macrocentrus ancylivorus* Roh. I. Some survival characteristics and the DDT resistance of the original laboratory stock. Canad. J. Zool., *29*, 90—101, 1951. — **310.** Pielou, D. P., & R. F. Glasser: Selection for DDT resistance in a beneficial insect parasite. Science, *115*, 117—118, 1952. — **310 a.** Plank, H. K.: Natural enemies of sugar cane moth stalkborer in Cuba. Ann. ent. Soc. Amer., *22*, 621—640, 1929. — **311.** Poutiers, R.: Utilisation et élevage des insectes auxiliaires. Rev. Zool. Agric. Appl., *23*, 273—279, 1924. — **312.** Pschorn-Walcher, H.: Climatic and biocoenotic aspects for the collection of predators of *Adelges piceae* Ratz. (Hemiptera: Adelgidae) in Europe. Proc. 10. Int. Congr. Ent. (Montreal, 1956), *4*, 801—805, 1958. — **313.** Putman, Wm. L.: Differences in susceptibility of two species of *Chrysopa* (Neuroptera: Chrysopidae) to DDT. Canad. Entomologist, *88*, 520, 1956. — **314.** Puttarudriah, M., & B. Krishnamurti: Problem of *Epilachna*-control in Mysore: Insecticidal control found inadvisable when natural incidence of parasites is high. Indian J. Ent., *16*, 137—141, 1954.

315. Quednau, W.: Über den Einfluß von Temperatur und Luftfeuchtigkeit auf den Eiparasiten *Trichogramma cacoeciae* Marchal (Eine biometrische Studie). Mitt. Biol. Bundesanst., Berlin-Dahlem (90), 1—63, 1957. — **316.** Questel, D. D., & W. G. Genung: Establishment of the parasite *Anagyrus antoninae* in Florida for control of rhodesgrass scale. Florida Entomologist, *40*, 123—125, 1957.

317. Raizenne, H.: Forest Lepidoptera of southern Ontario and their parasites. Canada Dept. Agric., Science Service, Div. For. Biol., Ottawa, 277 pp., 1952 (mimeograph.). — **318.** Ratzeburg, T.: Die Ichneumonen der Forstinsekten. 1844—1852. — **319.** Reichel, E.: Der Trockenheitsindex, insbesondere für Deutschland. Veröff. Preuß. Meteor. Inst. No. 362, 84—105, 1929. — **320.** Ripper, W. E.: Biological control as a supplement to chemical control of insect pests. Nature, *153*, 448—452, 1944. — **321.** Ripper, W. E.: Systemic insecticides. Phytiatrie-Phytopharmacie, III. Congr. Int. Phytopharmacie, *1*, 171—208, 1952. — **322.** Ripper, W. E.: The influence of pesticides on the balance of arthropod population. Adv. Sci., *12*, 455—463, 1955. — **323.** Ripper, W. E.: Effect of pesticides on balance of arthropod populations. Ann. Rev. Ent., *1*, 403—438, 1956. — **324.** Ripper, W. E.: Selective insecticides and the balance of arthropod populations. Agric. Chem. 2 pp., 1957. — **325.** Ripper, W. E.: Experiments on the integration of biological and chemical control of insect pests. Proc. 10. Int. Congr. Ent.

(Montreal, 1956), *3*, 479—494, 1958. — **326.** Ripper, W. E., R. M. Greenslade & G. S. Hartley: Selective insecticides and biological control. J. econ. Ent., *44*, 448—459, 1951. — **327.** Ripper, W. E., R. M. Greenslade, J. Heath & K. Barker: New formulation of DDT with selective properties. Nature, *161*, 484, 1948. — **328.** Risco Briceño, S. H.: La mosca indigena *Paratheresia claripalpis* W. en el control biológico de *Diatraea saccharalis* Fabr. en el Perú. Observaciones sobre su biologia, cria artificial y parasitismo natural en los campos de caña de azúcar. Lima, Soc. nac. Agrar., Com. Prod. Azúc., 32 pp., 1954. — **329.** Robertson, J. G.: Changes in resistance to DDT in *Macrocentrus ancylivorus* Rohw. (Hymenoptera: Braconidae). Canad. J. Zool., *35*, 629—633, 1957. — **330.** Romanova, J. S.: The biological control of *Malacosoma neustria*. Proc. Lenin Acad. agric. Sci. USSR, *16* (12), 30—34, 1951, Moscow (Orig. russisch). — **331.** Romanova, J. S.: Der Stand und die Aufgaben der biologischen Methode der Schädlingsbekämpfung gegen den Ringelspinner. In: Rezolj. Soveščˇ. po Probl. biol. Met. Bor'by s Vrediteljami, sozv. Zool. Inst. Akad. Nauk SSSR (19.—21. 3. 1957). Izdatel'stvo Akademii Nauk SSSR, Leningrad, Moskva, 15—16, 1957 (Orig. russisch). — **332.** Rubcov, I. A.: Biologische Methode der Bekämpfung schädlicher Insekten. Ogis selskozgiz. Gosudarstvennoe Izdatel'stvo sel'skochozjajstvennoj Literatury, Moskva, Leningrad, 411 pp., 1948 (Orig. russisch). — **333.** Rubcov, I. A.: Erfolge der biologischen Bekämpfungsmethode und Fragen der Umgestaltung der Fauna. Usp. sovrem. Biol., *30*, 321—344, 1950 (Orig. russisch). — **334.** Rubcov, I. A.: Sammeln und Züchten von Parasiten schädlicher Insekten. Izdatel'stvo Akademii Nauk SSSR, Moskva-Leningrad, 56 pp., 1950 (Orig. russisch). — **335.** Rubcov, I. A.: Die Schädlinge der Citrusgewächse und ihre natürlichen Feinde. Izdatel'stvo Akademii Nauk SSSR, Moskva-Leningrad, 260 pp., 1954. — **336.** Rubcov, I. A.: État et problèmes de l'étude et de l'utilisation en U. R. S. S. des entomophages dans la lutte biologique contre les insectes nuisibles. Entomophaga, *2*, 125—128, 1957. — **337.** Ruinard, J.: Investigations into bionomics, economical importance and possibilities of control of the sugarcane stalkborers in Java. Diss. Landbouwhogeschool Wageningen, 222 pp., 1958. — **338.** Ryvkin, B. V.: Biologische Methode der Forstschädlingsbekämpfung. Erg. naturwiss. Arb. weißruss. Naturwiss. Inst. Forstwirtsch., *3*, 113—121, 1940 (Orig. russisch). — **339.** Ryvkin, B. V.: *Telenomus verticillatus* Kieffer (Hymenoptera, Scelionidae) — a parasite of the eggs of *Dendrolimus pini*. Rev. Ent. URSS, *31*, 71—76, 1950. — **340.** Ryvkin, B. V.: Einige neue Verfahren zur Bekämpfung von Forstschädlingen. Lesn. Choz., *8* (6), 58—60, 1955 (Orig. russisch). — **341.** Ryvkin, B. V.: Die Anwendungsmöglichkeiten der Versuchsergebnisse beim Kiefernspinner (*Dendrolimus pini* L.) für den biologischen Kampf gegen den sibirischen Arvenspinner (*Dendrolimus sibiricus* Tšˇtv.). In: Rezolj. Soveščˇ. po Probl. biol. Met. Bor'by s Vrediteljami, sozv. Zool. Inst. Akad. Nauk SSSR (19.—21. 3. 1957). Izdatel'stvo Akademii Nauk SSSR, Leningrad, Moskau, 22—24, 1957 (Orig. russisch).

342. Sabrosky, C. W.: The interrelations of biological control and taxonomy. J. econ. Ent., *48*, 710—714, 1955. — **343.** Sachtleben, H.: Biologische Bekämpfungsmaßnahmen. Handb. d. Pflkrankh. VI, 2. Halbband, 1—120, P. Parey, Berlin, 1941. — **344.** Sailer, R. I.: Interspecific hybridization among insects with a report on crossbreeding experiments with stink bugs. J. econ. Ent., *47*, 377—383, 1954. — **345.** Salt, G.: Parasites of the wheat-stem sawfly, *Cephus pygmaeus* L. in England. Bull. ent. Res., *22*, 479—545, 1931. — **346.** Sandner, H.: Über manche negative Folgen der Anwendung chemischer Mittel und über die Versuche, ihnen vorzubeugen. Ekol. Polska, *1*, 95—100, 1955 (Orig. polnisch). — **347.** Šapiro, V. A.: Einsatz des Puppenräubers *(Calosoma)* zur Bekämpfung von laubfressenden Raupen auf den zum Schutz der Felder angelegten Waldstreifen. Lesn. Choz. *3*, (12), 74—77, 1950 (Orig. russisch). — **348.** Šapiro, V. A., & K. V. Kamenkova: Über Möglichkeiten, eine chemische Behandlung mit DDT und die Tätigkeit der Parasiten bei der Bekämpfung im Frühjahr in Forstanpflanzungen schädlicher Schmetterlinge zu verbinden. Sbornik V. I. Z. R., Ausgabe 8, 99—113, 1957 (Orig. russisch). — **349.** Ščepetil'nikova, V. A.: Regularities determining the efficiency of entomophagues. J. gen. Biol. (Moscow), *18*, 381—394, 1954 (Orig. russisch). — **350.** Ščepetil'nikova, V. A.: Die Stellung der Entomophagen im System der Bekämpfungsmaßnahmen gegen die Schildwanze *Eurygaster integriceps* Put. In: Rezolj. Soveščˇ. po Probl. biol. Met. Bor'by s Vrediteljami, sozv. Zool. Inst. Akad. Nauk SSSR (19.—21. 3. 1957). Izdatel'stvo Akademii Nauk SSSR, Leningrad, Moskva, 40—43, 1957 (Orig. russisch). — **351.** Ščepetil'nikova, V. A.: Die Wirksamkeit von Eiparasiten der Getreidewanze und Faktoren, die sie beeinflussen. Sbornik V. I. Z. R., Ausg. 9, 243—284, 1958 (Orig. russisch). — **352.** Schaffner, J. V. jr., & C. L. Griswold: Macrolepidoptera and their parasites reared from field collections in the northeastern part of the United States. US-Dept. Agric., Misc. Publ. 188, 1—160, 1934. — **353.** Schedl, K. E.: Der Schwammspinner (*Porthetria dispar* L.) in Euroasien, Afrika und Neuengland. Monogr. angew. Ent., Berlin, *12*, 1936. — **354.** Schlabritzky, E.: Das Stuttgarter

Insektarium zur Zucht von *Prospaltella perniciosi* Tow. (Hymenoptera). Z. Pflkrankh., *62*, 440—445, 1955. — **355.** Schmieder, R. G., & P. W. Whiting: Reproductive economy in the chalcidoid wasp *Melittobia*. Genetics, *32*, 29—37, 1947. — **356.** Schmutterer, H.: Ergebnisse von Zehrwespenzuchten aus Schildläusen (Hymenoptera: Chalcidoidea). Beitr. Ent., Berlin, *3*, 55—59, 1953. — **357.** Schneider, F.: Ein Vergleich von Urwald und Monokultur in bezug auf ihre Gefährdung durch phytophage Insekten, auf Grund einiger Beobachtungen an der Ostküste von Sumatra. Schweiz. Z. Forstwesen, *90*, 41—55, 82—89, 1939. — **358.** Schneider, F.: Das biologische Gleichgewicht und die chemische Schädlingsbekämpfung. Neuere Forschungen üb. Pflanzensch. u. Viruskrankh. Landw. Vorträge (16), 52—61, 1948. — **359.** Schneider, F.: Epidemiologie einiger Gambir-Insekten auf Sumatra. Proc. 9. Int. Congr. Ent. (Amsterdam, 1951), *2*, 266—271, 1953. — **360.** Schneider, F.: Beziehungen zwischen Nützlingen und chemischer Schädlingsbekämpfung. Verh. dtsch. Ges. angew. Ent., 13. Mitgl.vers. (Berlin-Dahlem, 1954), 18—29, 1955. — **361.** Schneider, F.: Gedanken zur Bekämpfung des Traubenwicklers in der Ostschweiz. Schweiz. Z. Obst-, Weinbau, *66*, 245—249, 282—284, 1957. — **362.** Schneider, F.: Künstliche Blumen zum Nachweis von Winterquartieren, Futterpflanzen und Tageswanderungen von *Lasiopticus pyrastri* (L.) und anderen Schwebfliegen (Syrphidae Dipt.). Mitt. schweiz. Ent. Ges., *31* (1), 1—24, 1958. — **363.** Schneider, H.: Untersuchungen über den Einfluß neuzeitlicher Insektizide und Fungizide auf die Blutlauszehrwespe (*Aphelinus mali* Hald.). Z. angew. Ent., *43*, 173—196, 1959. — **364.** Schread, J. C., & P. Garman: Studies on parasites of the Oriental fruit moth. I. *Trichogramma*. Conn. Agric. Expt. Sta. Bull. 353, 687—756, 1933. — **365.** Schütte, F.: Eichenwickler, Waldameisen und Vögel. Waldhygiene, *1*, 215—219, 1956. — **366.** Schütte, F.: Bekämpfung des Eichenwicklers (*Tortrix viridana* L.) durch Verzögerung des Knospen-Austriebs. Verh. 4. Int. Pflsch.-Kongr. (Hamburg, 1957), *2*, 1329—1332, 1960. — **367.** Schütte, F.: Methoden zur Erfassung der Baum- und Strauchfauna. Verh. dtsch. Ges. ang. Ent., 14. Mitgl.vers. (Göttingen, 1957), 82—86, 1958. — **368.** Schwangart, F.: Die biologische Bekämpfung und ihre Bedeutung für die Forstwirtschaft. Tharandt. Forstl. Jb., *65*, 318—345, 1914. — **369.** Schwerdtfeger, F.: Die Waldkrankheiten. Verlag P. Parey, Hamburg/Berlin, 2. Aufl., 485 pp., 1957. — **370.** Šedivy, J.: Akklimatisation der Zehrwespe (*Aphelinus mali* Hald.) in der Tschechoslowakei. Sbornik československ. Akad. Zeměd. Věd, *4*, 197—206, 1958 (Orig. tschechisch). — **371.** Sellers, W. F.: The collection of the cactus weevil, *Cactophagus spinolae*(Gylh.), in Mexico and its dispatch to South Africa. Bull. ent. Res., *43*, 43—50, 1952. — **372.** Sellers, W. F.: A critique on the time factor in biological control. Bull. ent. Res., *44*, 273—289, 1953. — **373.** Sellers, W. F., & G. G. Robinson: The effect of the miticide Neotran upon the laboratory production of *Aspidiotus lataniae* Signoret as a coccinellid food. Canad. Entomologist, *82*, 170—173, 1950. — **374.** Serebrovskij, A. S., V. V. Chvostova & S. S. Saposnikova: Biologie der Tachine *Ernestia consobrina* Mg., des Parasiten der Gemüseeulen und Methoden zu ihrer nutzbringenden Mitwirkung. Sbornik V.I.Z.R., *1*, 132—134, 1948 (Orig. russisch). — **375.** Silvestri, F.: The biological control of insects and weed pests. J. South-East. Agric. Coll., No. 30, 87—96, 1932. — **376.** Simmonds, F. J.: The propagation of insect parasites on unnatural hosts. Bull. ent. Res., *35*, 219—226, 1944. — **377.** Simmonds, F. J.: Improvement of the sex-ratio of a parasite by selection. Canad. Entomologist, *79*, 41—44, 1947. — **378.** Simmonds, F. J.: Some difficulties in determining by means of field samples the true value of parasitic control. Bull. ent. Res., *39*, 435—440, 1948. — **379.** Simmonds, F. J.: The biology of parasites of *Loxostege sticticalis* L. in North America. IV: *Cryptus inornatus* Pratt (Ichneumonidae, Cryptinae). Proc. R. Ent. Soc., London, *23*, 71—79, 1948. — **380.** Smirnoff, W. A.: La cochenille du palmier dattier (*Parlatoria blanchardi* Targ.) en Afrique du Nord. Comportement, importance économique, prédateurs et lutte biologique. Entomophaga, *2*, 1—98, 1957. — **381.** Smirnoff, W. A.: An artificial diet for rearing coccinellid beetles. Canad. Entomologist, *90*, 563—565, 1958. — **382.** Smirnoff, W. A.: De la méthode de lutte biologique contre *Parlatoria blanchardi* dans les oasis du Maroc. Proc. 10. Int. Congr. Ent. (Montreal, 1956), *4*, 903—906, 1958. — **383.** Smith, H. S.: Multiple parasitism: its relation to the biological control of insect pests. Bull. ent. Res., *20*, 141—149, 1929. — **384.** Smith, H. S.: The biological control program in relation to California agriculture. Calif. Citrog., *31*, 414—415, 1946. — **385.** Smith, H. S., & H. M. Armitage: The biological control of mealybugs attacking citrus. Univ. Calif., Bull. 509, 1—74, 1931. — **386.** Smith, H. S., & H. Compere: Introduced parasites successfully control the citrophilus mealybug. J. econ. Ent., *24*, 942—945, 1931. — **387.** Smith, H. S., & P. DeBach: The measurement of the effect of entomophagous insects on population densities of their hosts. J. econ. Ent., *35*, 845—849, 1942. — **388.** Smith, H. S., & P. DeBach: Artificial infestation of plants with pest insects as an aid in biological control. Proc. 7. Pac. Sci. Congr., *4*, 255—259, 1953. — **389.** Smith, O. J., & R. L. Langston: Continuous laboratory propagation of western grape leaf skeletonizer and parasites by prevention of diapause. J. econ. Ent., *46*, 477—484, 1953.

— **391.** SOLOMON, M. E.: Insect population balance and chemical control of pests. Chemistry & Industry, 1143—1147, 1953. — **392.** SOLOMON, M. E.: Das Gleichgewicht von Insektenbevölkerungen und die chemische Schädlingsbekämpfung. Schädlingsvermehrungen als Folge von Insektizidbehandlung (übersetzt von J. FRANZ). Z. angew. Ent., *37*, 110—121, 1955. — **393.** SPENCER, H., L. BROWN & A. M. PHILIPS: New equipment for obtaining host material for the mass production of *Trichogramma minutum*, an egg parasite of various insect pests. US-Dept. Agric. Circ. 376, 17 pp., 1935. — **394.** SPEYER, E. R.: An important parasite of the greenhouse whitefly. Bull. ent. Res., *17*, 301—308, 1927. — **395.** SPEYER, E. R.: The greenhouse whitefly. J. R. Hortic. Soc., London, *54* (1), 1929. — **396.** STARK, V. N.: Verwendung von Scoliiden zur Bekämpfung von Melolonthiden. Bull. Plant Protect. Leningrad (1—2), 120—143, 1940 (Orig. russisch). — **397.** STARK, V.: Causes of poor effectiveness of *Trichogramma* in the experimental control of pests. Proc. Lenin Acad. agric. Sci. USSR, 9 (5—6), 26—27, 1944, Moscow (Orig. russisch). — **398.** STEFFAN, J.-R.: Sur l'importation des parasites sud-américains. Union Int. Sci. Biol., Sér. B (5), 88—92, 1949. — **399.** STEIN, W.: Untersuchungen über die Möglichkeit einer Bekämpfung von Raubmilben in Zuchten der Getreidemotte (*Sitotroga cerealella* [Oliv.]) durch Anwendung von Akariziden. Z. Pflkrankh., *67*, 77—87, 1960. — **399 a.** STEIN, W., & J. FRANZ: Die Leistungsfähigkeit von Eiparasiten der Gattung *Trichogramma* (Hym., Trichogrammatidae) nach Aufzucht unter verschiedenen Bedingungen. Naturwissenschaften, *47*, 262—263, 1960. — **400.** STEINER, H.: Die Arthropoden des Apfelbaumes, ihre jahreszeitliche Verteilung und Möglichkeiten zur Ermittlung ihres Schädlichkeits- und Nützlichkeitsgrades. Verh. dtsch. Ges. ang. Ent. 14. Mitgl.vers. (Göttingen, 1957), 129—134, 1958. — **401.** STEINER, L. F., & R. K. S. LEE: Large-area tests of a male-annihilation method for Oriental fruit fly control. J. econ. Ent., *48*, 311—317, 1955. — **402.** STEINHAUS, E. A.: Diseases of insects reared in the laboratory or insectary. Div. Agric. Sci., Univ. Calif., Leaflet No. 9, 26 pp., 1953. — **403.** STELLWAAG, F.: Die Schmarotzerwespen (Schlupfwespen) als Parasiten. Monogr. angew. Ent., Berlin, *6*, 1—100, 1921. — **404.** STELLWAAG, F.: Methoden der biologischen Bekämpfung schädlicher Insekten im Pflanzenschutz. In: ABDERHALDEN, Handb. biol. Arbeitsmeth., Abt. IX, Teil 1, 2. Hälfte, Heft 3, 603—660, Berlin u. Wien, 1926. — **405.** STELLWAAG, F.: Neuere Erfahrungen in der biologischen Bekämpfung schädlicher Insekten. Verh. dtsch. Ges. angew. Ent., 7. Mitgl.vers. (München, 1928), 15—31, 1929. — **405 a.** STERN, V. M., F. R. SMITH, R. VAN DEN BOSCH & K. S. HAGEN: The integrated control concept. Hilgardia, Berkeley, *29*, 81—101, 1959. — **406.** STEYN, J. J.: The pugnacious ant (*Anoplolepis custodiens* Smith) and its relation to the control of citrus scales at Letaba. Mem. Ent. Soc. South Afr. (3), 96 pp., 1954. — **407.** STEYN, J. J.: The effect of ants on citrus scales at Letaba, South Africa. Proc. 10. Int. Congr. Ent. (Montreal, 1956), *4*, 589—594, 1958. — **408.** SUBBA RAO, B. R.: *Microbracon chinensis* Szep. A short note on the technique of its mass-multiplication. Indian J. Ent., *17*, 387—389, 1955. — **409.** SUGONJAEV, E. S.: The combination of chemical and biological methods as shown by an example of the control of soft scales (Homoptera, Coccoidea) on citrus. Compt. rend. Acad. Sci., URSS, *101*, 375—377, 1955 (Orig. russisch). — **410.** ŠUTOVA, N. N.: Introduction, acclimatisation, and intraareal distribution of entomophaga. 3. Soveščˇ. Vsesojuzn. Entomol. Obščˇ. I. Moskva, 184—185, 1957 (Orig. russisch). — **411.** SWEETMAN, H. L.: The Principles of Biological Control. Wm. C. Brown Comp., Dubuque, Iowa, 560 pp., 1958. — **412.** SYSOEV, A. T.: The possibility of combining biological and chemical methods in the control of agricultural crops. Proc. Lenin Acad. agric. Sci. USSR, *18*, 26—31, 1953 (Orig. russisch). — **413.** SZUMKOWSKI, W.: Observations on Coccinellidae. II. Experimental rearing of *Coleomegilla* on a non-insect diet. Trans. 9. Int. Congr. Ent. (Amsterdam, 1952), *1*, 781—785, 1952.

414. TANAKA, M.: The settlement of the red scale and the horned wax scale on the potato tubers. I. The study of mass production of the important hymenopterous parasite (*Anicetus ceroplastis* Ishii). Bull. Kyushu agric. Exp. Sta., 2, No. 1, 55—63, 1953 (Orig. japanisch). — **415.** TAYLOR, T. H. C.: The campaign against *Aspidiotus destructor*, Sign., in Fiji. Bull. ent. Res., *26*, 1—102, 1935. — **416.** TAYLOR, T. H. C.: The Biological Control of an Insect in Fiji. The Imperial Inst. of Entomology, London, 239 pp., 1937. — **417.** TELENGA, N. A.: Aussichten der biologischen Bekämpfungsmethode gegen den Rübenderbrüßler mit Hilfe von Eiparasiten. Thes. oekol. Konf., 15—20, 1940 (Orig. russisch). — **418.** TELENGA, N. A.: Der Einfluß agrotechnischer und chemischer Faktoren auf die Effektivität der Entomophagen. Naukovy Praci Inst. Ent. Fitopat. (Kiev), *3*, 103—112, 1952 (Orig. ukrainisch). — **419.** TELENGA, N. A.: *Trichogramma evanescens* Westw. and *T. pallida* Meyer (Hymenoptera, Trichogrammatidae) and their employment for destroying pest insects in the USSR. Rev. Ent. USSR, *35*, 599—610, 1956 (Orig. russisch). — **420.** TELENGA, N. A.: Biologische Schädlingsbekämpfung an den landwirtschaftlichen Kulturen und Forstpflanzen in der UdSSR. IX. Int. Konf. Quarantäne, Pflanzenkrankheiten u. Pflanzenschutz (Moskau, 1958) 17 pp., 1958 (Dtsch. Ausg.). — **421.** THALENHORST, W.: Grundzüge der Populationsdynamik des großen

Fichtenborkenkäfers *Ips typographus* L. J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt am Main, 126 pp., 1958. — **422.** Thompson, W. R.: On the effect of methods of mechanical control on the progress of introduced parasites of insect pests. Bull. ent. Res., *18*, 13—16, 1927/28. — **423.** Thompson, W. R.: On the part played by parasites in the control of insects living in protected situations. Bull. ent. Res., *20*, 457—462, 1929. — **424.** Thompson, W. R.: The biological control of insect and plant pests. Empire Marketing Bd., Great Britain, B, *29*, 1—124, 1930. — **425.** Thompson, W. R.: The principles of biological control. Ann. appl. Biol., *17*, 306—338, 1930. — **426.** Thompson, W. R.: Biological control and the theories of the interactions of populations. Parasitology, *31*, 299—388, 1939. — **427.** Thompson, W. R.: A catalogue of the parasites and predators of insect pests. Belleville, Ont., Commonw. Inst. Biol. Contr. ab 1943 (multigraph.). — **428.** Thompson, W. R.: The time factor in biological control. Canad. Entomologist, *83*, 230—240, 1951. — **429.** Thompson, W. R.: Mortality factors acting in a sequence. Canad. Entomologist, *87*, 264—275, 1955. — **430.** Tirumala Rao, V., A. L. David & K. R. Mohan Rao: Attempts at the utilisation of *Chilocorus nigritus* Fab. (Coleoptera, Coccinellidae) in the Madras State. Indian J. Ent., *16*, 205—209, 1954. — **431.** Tonnoir, A. L.: The biological control of the greenhouse white fly in Australia. J. Counc. sci., ind. Res., Austr., *10*, 89—95, 1937. — **432.** Tooke, F. G. C.: The eucalyptus snout-beetle, *Gonipterus scutellatus* Gyll., a study of its ecology and control by biological means. Union S. Afr. Dept. Agric., Ent. Mem., *3*, 1—282, 1955. — **433.** Tothill, J. D., T. H. C. Taylor & R. W. Paine: The Coconut Moth in Fiji. Imp. Bur. Ent., London, 269 pp., 1930. — **434.** Trappmann, W.: Anwendung der „biologischen Bekämpfungsmethode" im Gewächshaus. Nachrbl. dtsch. Pflschutzd., Berlin, *9*, 93—94, 1929. — **435.** Trouvelot, B.: Directives à suivre dans l'importation pour les besoins de l'agriculture d'insectes entomophages étrangers. Rev. Zool. agric., appl., *24*, 124—148, 1925. — **436.** Tucker, R. W. E.: The control of *Diatraea saccharalis* in Barbados by mass liberations of *Trichogramma minutum*. Trop. Agric., Trinidad, *7*, 292—295, 1930.

437. Ullyett, G. C.: The physical ecology of *Microplectron fuscipennis*, Zett. (Hym. Chalc.) Bull. ent. Res., *27*, 195—217, 1936. — **438.** Ullyett, G. C.: Mortality factors in populations of *Plutella maculipennis* Curtis (Tineidae: Lep.) and their relation to the problem of control. South Afr. Dept. Agric., Ent. Mem., *2* (6), 77—202, 1947. — **439.** Ullyett, G. C., & D. B. Schonken: A fungus disease of *Plutella maculipennis* Curt. in South Africa, with notes on the use of entomogenous fungi in insect control. South Afr. Dept. Agric. Sci. Bull. 218, 24 pp., 1940. — **440.** Unterstenhöfer, G.: Beitrag zur Technik der Durchführung von Versuchen zur Bekämpfung der Obstbaumspinnmilbe *Paratetranychus pilosus*. Höfchen-Briefe, Leverkusen, *8*, 232—233, 1955. — **441.** Urquijo Landaluze, P.: Applicación de la genética al aumento de la eficacia del *Trichogramma minutum* en la lucha biológica. Bol. Pat. Veg. Ent. Agr., *18*, 1—12, 1951.

442. Vanderplank, F. L.: Studies on the coconut pest, *Pseudotheraptus wayi* Brown (Coreidae) in Zanzibar. III. A selective residual insecticidal formulation and its effects on the ecology of the insect. Bull. ent. Res., *50*, 151—164, 1959. — **443.** Vayssière, P.: Insectes utiles et nuisibles acclimatés en France ou dans les colonies depuis un siècle. Soc. Ent. France, Livre du Centenaire, 629—648, Paris, 1932. — **444.** Viktorov, G. A.: Die Rolle der parasitischen Insekten bei der Massenvermehrung von *Etiella zinckenella* Tr. Zool. Ž., *35*, 59—73, 1956 (Orig. russisch). — **445.** Voelkel, H.: Über die praktische Bedeutung der Schlupfwespe *Trichogramma evanescens* Westw. Arb. Biol. Reichsanst., *14*, 97—108, 1925. — **446.** Vogel, W.: Untersuchungen über parasitische Hymenopteren der Kirschenfliege. Mitt. schweiz. ent. Ges., *23*, 195—199, 1950. — **447.** Volkov, V. F.: Zur Frage über die Effektivitätsbeurteilung beim Einsatz der *Trichogramma*-Arten *T. evanescens* Westw. und *T. pallida* Meyer in den Gärten zum Kampf gegen den Apfelwickler und andere Wicklerarten. Naučn. Trudy Inst. Ent. Fitopat., *5*, 5—23, 1954 (Orig. russisch). — **448.** Voûte, A. D.: Die biologische Bekämpfung der Insekten in Niederländisch-Indien. Natuurkund. Tijdschr. Nederlandsch-Indie, *97*, 28—34, 1957. — **449.** Voûte, A. D.: Harmonische Bekämpfung von Insektenvermehrungen. TNO-Nieuws (146) 206—208, 1958 (Orig. holländisch) — **450.** Vrie, M. van de, & H. J. de Fluiter: Some observations on the effect of insecticides and acaricides on the population of the European red spider mite (*Metatetranychus ulmi* Koch) and its principal predators in commercial orchards in the Netherlands. Proc. 10. Int. Congr. Ent. (Montreal, 1956), *4*, 603—606, 1958.

451. Wason, E. J., & N. C. Lloyd: Insect pests. DDT and codling moth control. Agric. Gaz. New South Wales, *59*, 538—540, 1948. — **452.** Way, M. J.: The relationship between certain ant species with particular reference to biological control of the Coreid, *Theraptus* sp. Bull. ent. Res., *44*, 669—691, 1953. — **453.** Webb, F. E.: Biological assessment of aerial forest spraying against spruce budworm in New Brunswick. II. A review for the period

1952—1956. Proc. 10. Int. Congr. Ent. (Montreal, 1956), *4*, 303—316, 1958. — **454.** Webber, R. T., & J. V. Schaffner jr.: Host relations of *Compsilura concinnata* Meigen, an important tachinid parasite of the gipsy moth and the brown-tail moth. US-Dept. Agric., Dept. Bul. 1363, 32 pp., 1926. — **455.** Wellenstein, G.: Die biologische Bekämpfung der Forleule durch den Eiparasiten *Trichogramma minutum* Ril. In: Die Forleule in Preußen im Jahre 1933. Hannover, 153—185, 1934. — **456.** Wellenstein, G. (edit.): Die Nonne in Ostpreußen. Monogr. angew. Ent., Berlin, (15), 1—679, 1942. — **457.** Wellenstein, G.: Überwachung der Nonne und Vorhersage ihrer Massenvermehrung. Monogr. angew. Ent., Berlin, (15), 478—534, 1942. — **458.** Wellenstein, G.: Ergebnisse 25jähriger Grundlagenforschung zur forstlichen Bedeutung der Roten Waldameise (*Formica rufa* L.). Mitt. Biol. Zentralanst. (75), 125—133, 1953. — **459.** Wellenstein, G.: Die Insektenjagd der Roten Waldameise (*Formica rufa* L.). Z. angew. Ent., *36*, 185—217, 1954. — **460.** Wellenstein, G.: Was können wir von der Roten Waldameise im Forstschutz erwarten? Beitr. Ent., Berlin, *4*, 117—138, 1954. — **461.** Wellenstein, G.: Die Beeinflussung der forstlichen Arthropodenfauna durch Waldameisen (*Formica rufa* Gruppe), I. Teil. Z. angew. Ent., *41*, 368—385, 1957. — **462.** Wellenstein, G.: Die Trophobiose der Waldameisen und ihre bienenwirtschaftliche Bedeutung. Verh. dtsch. Ges. angew. Ent. 14. Mitgl.vers. (Göttingen, 1957), 109—114, 1958. — **463.** Wellington, E. F.: Artificial medium for larval rearing. Canada Sci. Serv., Div. Ent., Forest Insect Invest. Bi-monthly Progr. Rept., *5* (1), 2, 1949. — **464.** West, A. S.: The precipitin test as an entomological tool. Canad. Entomologist, *82*, 241—244, 1950. — **465.** Whitcomb, W. D.: 1934, 1935, 1936, 1937, 1938 — Ann. Repts. Mass. Agric. Exp. Sta., Amherst, Mass. — **465 a.** White, E. B.: mdl. Mitt., 1956. — **466.** Wiesmann, R.: Neue Erkenntnisse über die Insektizidresistenz. Verh. dtsch. Ges. angew. Ent., 14. Mitgl.vers. (Göttingen, 1957), 18—28, 1958. — **467.** Wiesmann, R.: Untersuchungen an den Prädatoren der Baumwollschadinsekten in Ägypten im Jahre 1951/52. Acta trop., Basel, *12*, 222—239, 1955. — **468.** Wigglesworth, V. B.: DDT and the balance of nature. The Atlantic Monthly, *176*, (6), 107, 1945. — **469.** Wigglesworth, V. B. in P. Müller: Das Insektizid Dichlorphenyltrichloräthan und seine Bedeutung, *1*, 91—111. Birkhäuser, Basel, 299 pp., 1955. — **470.** Wildbolz, Th., & W. Vogel: Über den Einfluß von intensiver und schonender Insektizidspritzung in Apfelanlagen. Schweiz. Z. Obst-, Weinbau, *68*, 78—86, 1959. — **471.** Wilkes, A.: The influence of selection on the preferendum of a chalcid (*Microplectron fuscipennis* Zett.) and its significance in the biological control of an insect pest. Proc. Roy. Ent. Soc. London, Ser. B, *130*, 400—415, 1942. — **472.** Wilkes, A.: The effects of selective breeding on the laboratory propagation of insect parasites. Proc. Roy. ent. Soc., London, Ser. B, *134*, 227—245, 1947. — **473.** Wilkes, A.: The introduction of insect parasites of the spruce budworm, *Archips fumiferana* Clem., into Eastern Canada. Canad. Entomologist, *78*, 82—86, 1946. — **474.** Wille, J. E.: Erfahrungen mit organischen Insektiziden in der Bekämpfung von Baumwollschädlingen in Peru. Z. angew. Ent., *33*, 341—348, 1952. — **475.** Williams, F. X.: The Insects and Other Invertebrates of Hawaiian Sugar Cane Fields. Haw. Sugar Planter's Assoc., 400 pp., 1931. — **476.** Wolcott, G. N.: Biological control of the pustule scale in Puerto Rico. J. Agric., Univ. Puerto Rico, *37*, 228—233, 1953.

477. Yachontov, V. V.: Coccinellid control of *Hypera variabilis*. Vuisšaja Škola, *1*, 77—81, 1937. — **478.** Yarrow, I. H. H.: The British ants allied to *Formica rufa* L. (Hym., Formicidae). Trans. Soc. Brit. Ent., *12*, 1—48, 1955. — **479.** Yasumatsu, K.: Further investigations on the hymenopterous parasites of *Ceroplastes rubens* in Japan. J. Fac. Agric., Kyushu Univ., *10*, (1), 1—27, 1951. — **480.** Yasumatsu, K.: An interesting case of biological control of *Ceroplastes rubens* Maskell in Japan. Proc. 10. Int. Congr. Ent. (Montreal, 1956), *4*, 771—775, 1958. — **481.** York, G. T,. J. C. Schaffner & T. A. Brindley: Parasites of the European corn borer found infesting the stalk borer. J. econ. Ent., *48*, 765—766, 1955.

482. Žigaev, G. N.: Der Verzicht auf die herbstliche Bearbeitung der Rübenfelder zur Erhaltung der überwinternden *Xenocrepis*. In: Biologičeskij Metod Bor'by s Vrediteljami sel'skochozjajstvennych Kul'tur i lesnych nasaždenij. Izdanie Ministerstva sel'skogo Chozjajstva Moldavskoj SSR, Kišinev, 17—19, 1958 (Orig. russisch — Vortragszusammenfassung). — **483.** Zimin, G. S., & O. I. Kivit: Results of application of *Trichogramma evanescens* Westw. against European corn borer in North Caucasus. Proc. Lenin Acad. agric. Sci. USSR, *2*, 299—300, 1936 (Orig. russisch). — **483 a.** Zomorrodi, A.: La lutte biologique contre la punaise du blé *Eurygaster integriceps* Put. par *Microphanurus semistriatus* Nees., en Iran. Rev. Path. vég., Ent. agric. France *38*, 167—174, 1959. — **484.** Zwölfer, W.: Untersuchungen zur Biologie und Bekämpfung des Maiszünslers *(Pyrausta nubilalis* Hb.) in Süddeutschland. II. Teil. Arb. Biol. Reichsanst., *17*, 461—500, 1929. — **485.** Zwölfer, W.: Biologische und chemische Schädlingsbekämpfung. Vom Standpunkt des Forstschutzes gesehen. Allg. Forstz., *8* (50), 1—8, 1953.

5. Verwendung von anderen Evertebraten und Sonderfälle

a) Nematoden gegen Arthropoden

Der Gedanke, Nematoden zur biologischen Bekämpfung von Arthropoden zu verwenden, ist oft diskutiert, aber nur selten in praktischen Versuchen erprobt worden. Wir beschränken uns hier auf die Behandlung der Massenzuchten und praxisnahen Experimente. Neuere Sammelberichte über die Lebensweise, begrenzende Bedeutung und Eignung der verschiedenen Nematoden-Gruppen für eine eventuelle Verwendung liegen vor (29, 36, 41, 43, 44).

Von den verschiedenen systematischen Gruppen interessieren für unsere Zwecke vor allem die Steinernematidae, sowie einige Tylenchida und Mermithidae. Die meisten Angehörigen dieser Familien bzw. Überfamilie wandern als jüngere Larvenstadien in den Insektenwirt ein und töten ihn ab oder mindern seine Fortpflanzungsfähigkeit. Manche spielen als natürliche Begrenzungsfaktoren gelegentlich eine bedeutende Rolle. Wenn sich auch eine Vermehrung einiger parasitischer Nematoden im lebenden Wirt durchführen läßt, scheint erst die Entwicklung von Zuchtmethoden in vitro ihren lohnenden Einsatz nach der „Überschwemmungsmethode" möglich zu machen.

Zuchten auf künstlichem Substrat gelangen erstmalig Glaser mit der Steinernematide *Neoaplectana glaseri* Steiner, einem Parasiten von *Popillia japonica* Newm. (15, 16). Er verwendete dafür ein Kulturmedium aus Dextrose-Bouillon-Agar mit Extrakten aus Kuhovarien zur Dauerzucht des Vorratsstammes und einen einfachen Bouillon-Agar aus Kalbfleisch zur Vermehrungszucht (17, 25 a, 26). Neuerdings gelang auch die sterile Kultur in flüssigem Medium; nach 7jähriger Zucht waren die Larven noch in der Lage, Engerlinge ihres Wirtes anzugreifen (42). In Flüssigkeitskulturen ergeben 25 Würmer in 3 Wochen 3—5000 Tiere, bei der Agarmethode vermehren sich 600 Würmer je cm^2 in 7 Tagen bei 21° C auf 9000—12 000. Bevor man sie im Freiland verwendet, müssen sie Gelegenheit erhalten, sich einzukapseln. In dieser Form halten sie sich im Wasser einige Wochen lang. — Auch mit *Neoaplectana leucaniae* Hoy, einem Parasiten von Noctuidae und Crambidae in Neu-Seeland, gelang eine Kultur auf gemahlenem Kalbfleisch (18). Vertreter der Tylenchida und Mermithidae ließen sich noch nicht auf künstlichem Medium züchten. — Die Massenzucht von einer noch undeterminierten Steinernematide (Arbeitsname DD 136), die *Neoaplectana carpocapsae* Weiser nahe steht, erfolgt zur Zeit noch in lebenden Wirten (Lepidoptera) (11); mit der Entwicklung geeigneter Kulturverfahren ist zu rechnen.

Versuche zur Verwendung von Nematoden bei der Insektenbekämpfung im Freiland sind bisher nur selten durchgeführt worden. *Neoaplectana glaseri*, der erwähnte Parasit des Japankäfers, ließ sich auf größeren Flächen einbürgern und rief unter den Engerlingen eine wechselnde, meist hohe Sterblichkeit hervor. Die in den besprochenen Massenzuchten erzeugten Nematoden wurden dabei durch Spritzen in den Boden eingebracht oder eingegraben (17). Da die Art wenig spezifisch ist, wurde sie kürzlich zur Bekämpfung anderer Melolonthiden-Larven nach Neuseeland eingeführt, bisher noch ohne nachweisbaren Erfolg (10, 19). In Topfversuchen hält sich *N. leucaniae* nur 3½ Monate im Boden, gegenüber *N. glaseri* mit 4½ Jahren; Versuche mit dieser Art wurden daher abgebrochen (18). Die Bodenbehandlung mit *N. glaseri* in den USA wurde nach den besseren Erfolgen mit der „milky disease" gegen den Japankäfer (s. S. 86) nur noch in kleinem Rahmen weiter bearbeitet. In New Jersey (14) und in Maryland (3) wurde die Art in jahrelanger Arbeit angesiedelt, bisher mit gutem Abtötungserfolg.

Vielversprechender sind Versuche mit der erwähnten Steinernematide *Neoaplectana* sp. (DD 136), die als Zweitlarve in wäßriger Suspension versprüht werden kann, ohne Schaden zu nehmen. Die Larven vermögen sogar in die Fraßgänge von verdeckt fressenden Wirtslarven einzudringen und hier den Wirt zu befallen. Eine Reihe von

Lepidoptera, Coleoptera, Diptera, Orthoptera und Hymenoptera erwies sich als empfindlich. Bei der Einwanderung in die Mundöffnung des Wirtes sollen sie eine Bakteriose übertragen, der dann ihre Opfer primär erliegen. In dem sich zersetzenden Wirtsgewebe findet dann die Vermehrung statt, wobei z. B. bis zu 100 000 Larven in einer Raupe von *Galleria mellonella* entstehen (11). Um einen ähnlichen Vorgang dürfte es sich bei *N. bothynoderi* Kirj.et Pučk. handeln, welche den Körperinhalt ihres Wirtes, der Larve von *Bothynoderes* sp., in einen rosa Brei verwandelt (20). Noch scheint es ungeklärt zu sein, wie weit auch eine durch eindringende Parasiten erzeugte Septikämie mitspielt. Infektionsversuche mit etwa 20 000 Nematoden je Kartoffelpflanze führten im Freiland (Kanada) zu einer schwachen Sterblichkeit von Larven von *Leptinotarsa decemlineata* (Say). Offenbar waren störende Einflüsse unbekannter Art beteiligt, da in Laboratoriumsversuchen 85—100 % der Käfer und Larven abstarben (45). Da sich die Nematoden nur in einem Flüssigkeitsfilm bewegen können, werden die Spritzungen, deren Ergebnisse erst teilweise veröffentlicht sind, meist abends durchgeführt. — Für diese Art wie für die ganze Gruppe gilt, daß die weiteren Fortschritte bei der praktischen Nutzung wohl von einer genaueren Kenntnis der Biologie dieser Tiere abhängen dürften.

b) Oligochaeten und Nematoden gegen Nematoden

Von Nematoden *(Heterodera schachtii* Schmidt) befallene Zuckerrüben konnten in Topfversuchen durch Zugabe von Enchytraeidae der Gattungen *Fridericea* und *Enchytraeus* geheilt werden, sofern die Metamorphose der Nematoden noch nicht abgeschlossen war. Jugendstadien dieser Oligochaeten vernichten die im Inneren der Pflanzenwurzeln lebenden Nematoden. Die gute Wirkung von Gründüngung bei Nematodenbefall wird auf die Anreicherung mit Enchyrtraeidae und anderen Nematodenfeinden zurückgeführt (37, 39). — Räuberische gegen pflanzenschädliche Nematoden zu verwenden, wurde nur vorgeschlagen, noch nicht erprobt (2, 40).

c) Pflanzen gegen Nematoden

aa) Pilze

Pilze der verschiedensten Gruppen haben Mechanismen (klebrige Hyphen, Leimringe, Schlingen) zum Fang von Nematoden entwickelt. Angesichts der noch geringen Möglichkeiten, solche Nematodenfeinde praktisch zu nutzen, begnügen wir uns hier mit einigen Hinweisen auf praxisnahe Versuche. Neuere Sammelreferate über das Gesamtgebiet finden sich bei (6, 7, 8), über Nematodenprobleme in diesem Handbuch Bd. IV, 5. Aufl., 1. Teil, 1. Liefg., 1949.

Die ersten Experimente mit nematodenfangenden Pilzen richteteten sich gegen *Meloidogyne marioni* (Goodey) (syn.: *Heterodera m.)* an Ananas auf Hawaii. In Topfversuchen mit 6 verschiedenen Nutzarten brachte nur die Zugabe von *Dactylella ellipsospora* Grove zu der Erde eine gewisse Minderung des Schadens. Bei Zugabe von Gründüngung ging der Nematodenbefall viel stärker zurück, möglicherweise als Folge einer Stimulation der Nematodenfänger durch reichliches Vorkommen freilebender Fadenwürmer (22, 23). — Außerhalb des Themas dieses Handbuches liegen Versuche mit Fangpilzen gegen Fadenwürmer, die in Haustieren parasitieren *(Strongyloides, Bunostomum)* (35). Die positiven Ergebnisse hierbei und bei Versuchen gegen *M. marioni* an Begonien sind jedoch statistisch nicht gesichert (4, 8). Gute Erfolge bei der Bekämpfung von Hafer- und Kartoffelnematoden durch Zugabe von Dünger nebst Sporen von *Dactylaria thaumasia* Drechsler konnten im folgenden Jahr nicht wiederholt werden (8). Noch fehlen hinreichende Kenntnisse über die Biologie, Kulturmöglichkeiten und Pathogenität der nematodenfangenden Pilze. Neue Versuche russischer

Forscher bei der Bekämpfung von *Meloidogyne marioni* an Gurken durch gezüchtete Raubpilze in Gewächshäusern verliefen jedoch so erfolgreich, daß hier weitere Untersuchungen angebracht erscheinen (17 a). Interessante Aussichten ergaben sich ferner bei Versuchen, Nematodenzysten (*Heterodera rostochiensis* Wollenw.) durch Pilze zu infizieren. In Topfversuchen gelang dies vor allem mit aus Südamerika eingeführten Pilzen wie *Anixiopsis stercoraria* Hansen, *Margarinomyces heteromorpha* Mangenot u. a. Arten (21). Ohne hier auf weitere Versuche einzugehen, sei erwähnt, daß die Zugabe von organischer Substanz als Stall- oder Gründünger häufig zu einer Vermehrung der nützlichen Pilze und anderer Antagonisten der Nematoden sowie zu einem Rückgang der phytophagen Nematoden beiträgt (23, 38). Vielleicht hemmt jedoch auch ein gewisser Sauerstoffmangel nach derartiger Düngung die Schadnematoden (9).

bb) Höhere Pflanzen

Höhere Pflanzen haben ebenfalls gelegentlich eine den Nematodenbefall reduzierende Wirkung. Häufig dürfte der Effekt eines Zwischenfruchtanbaues auf der oben genannten Wirkung der Gründüngung nach dem Unterpflügen beruhen, der bei Leguminosen besonders ausgeprägt auftritt (33, 34). Diese zum kulturellen Pflanzenschutz gehörende Seite des Problems sei hier nur genannt. Mehr direkt und spezifisch gegen Nematoden wirken dagegen gewisse Ausscheidungen aus den Wurzeln von *Tagetes patula* L. und *T. erecta* L. (28, 30). Anfällig sind besonders wurzelbewohnende Arten der Gattungen *Pratylenchus, Tylenchorhynchus, Paratylenchus* und *Rotylenchus*. Sät man die genannten Kompositen zwischen von diesen Nematoden befallene Pflanzen, z. B. in Baumschulen, so läßt nach 3—4 Monaten der Befall nach, und die geschädigten Pflanzen beginnen sich zu erholen. Die nematizide Wirkung beruht auf der Ausscheidung von Polythienylen, namentlich von α-Terthienyl (einem Thiophen-Derivat) aus den Wurzeln.

d) Biologische Schneckenbekämpfung

Abgesehen von Kröten (vgl. S. 264) verwendete man bisher zur biologischen Bekämpfung von schädlichen Schnecken Raubschnecken, Raubinsekten oder Krankheitserreger.

aa) Phytophage Schnecken

Von phytophagen Schnecken spielt die während des letzten Krieges als menschliche Notnahrung auf Inseln des Stillen Ozeans bis Hawaii teils eingeführte, teils verschleppte Afrikanische Riesenschnecke *Achatina fulica* Bow. eine besondere Rolle. Sie ist sehr polyphag, äußerst gefräßig, und ihr Gehäuse wird bis 195 mm hoch. Von ihren zahlreichen natürlichen Feinden (46) in ihrer südostafrikanischen Heimat hat man die Raubschnecke *Gonaxis kibweziensis* (Smith) und aus Ceylon den Käfer *Lamprophorus tenebrosus* (Walker) (Lampyridae) auf Guam u. a. pazifischen Inseln eingebürgert (31, 32). Auf Hawaii werden mit weiteren Käfern und Raubschnecken aus Afrika und Florida Versuche angestellt. Erfolgsberichte liegen bisher von einer Insel der Marianen vor, wo *G. kibweziensis* die Riesenschnecke kurz hält (30 a).

bb) Zwischenwirte menschlicher und tierischer Parasiten

Eine Bekämpfung von Schnecken, die als Zwischenwirte menschlicher und tierischer Parasiten (Trematodes, Schistosomatidae und Fasciolidae) wichtig sind, ist ebenfalls mit biologischen Methoden versucht worden. Erwähnt sei die Verwendung von *Bacillus pinottii* Cruz et Dias, einem in Brasilien isolierten Saprophyten mit erheblicher Pathogenität gegen Schnecken. Bei Freilandexperimenten in Ägypten wurden die Bakterien mit Pepton (als Zusatznahrung) in Entwässerungsgräben gegeben. Der Erfolg war ein vollständiges oder fast vollständiges Ab-

sterben der meisten aquatisch lebenden, medizinisch und veterinärmedizinisch bedeutsamen Schnecken (5). Auch von der phytophagen *Achatina fulica* ist eine Seuche bekannt (27). Dieses Verfahren scheint also wert, weiter ausgebaut zu werden.

e) Algen gegen Insekten

Seit mehreren Jahrzehnten ist immer wieder versucht worden, durch Algen einen hemmenden Einfluß auf Mückenlarven *(Anopheles)* auszuüben. Ältere Versuche mit Characeae verliefen teils negativ (1), teils positiv (24, 25). Neuerdings gelang es, verschiedene Blaualgen (Cyanophyceae) in Reisfelder zu verpflanzen und dadurch Moskitolarven zu unterdrücken. Offenbar produzieren die Algen für diese Larven toxische Substanzen (12, 13).

Literatur zu 5

1. Barber M. A.: The effect of *Chara robinsii* on mosquito larvae. Publ. Health Rpts. *39*, 611—615, 1924.

2. Cobb, N. A.: Transference of nematodes *(Mononchus)* from place to place for economic purposes. Science, *51*, 640—641, 1920. — 3. Cory, E. N., & G. S. Langford: The Japanese beetle retardation program in Maryland. Univ. Maryland Ext. Bul. 156, 1955.

4. Deschiens, R., L. Lamy & E. Vautrin: Essais pratiques de prophylaxie de l'anguillulose des végétaux par l'emploi d'hyphomycètes prédateurs. Compt. rend. Acad. Sci., Paris, *216*, 539—541, 1943. — 5. Dias, E., & M. M. Dawood: Preliminary trials on the biological snail control with *Bacillus pinottii* in Egypt. Mem. Inst. Cruz. *53*, 13—29, 1955. — 6. Drechsler, C.: Predacious fungi. Biol. Rev., *16*, 265—290, 1941. — 7. Duddington, C. L.: Fungi that attack microscopic animals. Bot. Rev., Lancaster, *21*, 377—439, 1955. — 8. Duddington, C. L.: The Friendly Fungi. Faber & Faber, London, 188 pp., 1956. — 9. Duddington, C. L., F. G. W. Jones & F. Moriarty: The effect of predacious fungi and organic matter upon the soil population of beet eelworm, *Heterodera schachtii* Schm. Nematologica, *1*, 345—348, 1956. — 10. Dumbleton, L. J.: Bacterial and nematode parasites of soil insects. N. Zeal. J. Sci. Tech. Agric. Sect., *27*, 76—81, 1945. — 11. Dutky, S. R., & W. S. Hough: Note on a parasitic nematode from codling moth larvae, *Carpocapsa pomonella*. Proc. Ent. Soc. Wash., *57* (5), 1955.

12. Gerhardt, R. W.: Blue green algae — a possible antimosquito measure for rice fields. Proc. Papers 22nd Ann. Conf. Calif. Mosquito Control Assoc., 50—53 (Univ. Calif., Berkeley, 1953). — 13. Gerhardt, R. W.: Further studies during 1954 on blue-green algae — a possible anti-mosquito measure for rice fields. Proc. Papers 23rd Ann. Conf. Calif. Mosquito Control Assoc. and 11th Meeting Am. Mosq. Contr. Ass., 120—123 (Univ. Calif., Berkeley, 1955). — 14. Girth, H. B., E. E. McCoy & R. W. Glaser: Field experiments with a nematode parasite of the Japanese beetle. N. J. Dept. Agric., Circ. 317, 1940. — 15. Glaser, R. W.: The cultivation of a nematode parasite of an insect. Science, *73*, 614—615, 1931. — 16. Glaser, R. W.: Continued culture of a nematode parasitic in the Japanese beetle. J. exp. Zool., *84*, 1—12, 1940. — 17. Glaser, R. W., E. E. McCoy & H. B. Girth: The biology and economic importance of a nematode parasitic in insects. J. Parasitol., Lancaster, *26*, 479—495, 1940. — 17 a. Gorlenko, M. V.: Predatory fungi and their utilisation in nematode control. Nematologica, *1*, 147—150, 1956.

18. Hoy, J. M.: The biology and host range of *Neoaplectana leucaniae*, a new species of insect-parasitic nematode. Parasitology, *44*, 392—399, 1954. — 19. Hoy, J. M.: The use of bacteria and nematodes to control insects. N. Zeal. Sci. Rev., *13*, 56—57, 1955.

20. Kirjanova, E. S., & L. V. Pučkova: A new parasite of the beet weevil — *Neoaplectana bothynoderi* Kirjanova et Pučkova n. sp. (Nematoda). Trudy Inst. Zool., Akad. Nauk SSSR, *18*, 52—63, 1955 (Orig. russisch).

21. Laan, P. A. van der: Investigations on fungi, predacious on the cyst contents of the potato root eelworm (*Heterodera rostochiensis* Wollenw.). T. Plantenziekten, *62*, 305—321, 1956. — 22. Linford, M. B., & F. Yapp: Root knot nematode injury restricted by a fungus. Phytopathology, *29*, 596—609, 1939. — 23. Linford, M. B., F. Yapp & J. M. Oliveira: Reduction of soil populations of the root knot nematode during decomposition of organic matter. Soil Sci., *45*, 127—141, 1938.

24. Matheson, R., & E. H. Hinman: Further studies on *Chara* sp. and other aquatic plants in relation to mosquito breeding. Amer. J. Trop. Med., *9*, 249—266, 1929. — **25.** Matheson, R., & E. H. Hinman: Further work on *Chara* spec. and other biological notes on Culicidae. Amer. J. Hyg., *14*, 99—108, 1931. — **25 a.** McCoy, E. E., & H. B. Girth: The culture of *Neoaplectana glaseri* on veal pulp. N. J. Dept. Agric. Circ. 285, 3—12, 1938. — **26.** McCoy, E. E., & R. W. Glaser: Nematode culture for Japanese beetle control. N. J. Dept. Agric., Circ. 265, 1—9, 1936. — **27.** Mead, A. R.: Disease in the giant African snail *Achatina fulica* Bowdich. Science, *123*, 1130—1131, 1956. — **28.** Meijneke, C. A. R., & M. Oostenbrink: *Tagetes* for the control of nematode infestations. Meded. Dir. Tuinbouw, Wageningen, *21*, 283—290, 1958 (Orig. holländisch).

29. Oldham, J. N.: Helminths in the biological control of insect pests. Mem. Imp. Bur. Agric., Parasitol. (9), 6 pp., London, 1933. — **30.** Oostenbrink, M., K. Kuiper & J. J. S'Jacob: *Tagetes* als Feindpflanzen von *Pratylenchus*-Arten. Nematologica, *2*, Suppl., 424—433, 1957.

30 a. Pemberton, C. E.: Invertebrate consultants committee for the Pacific. Report for 1949—1954. The Pacific Science Board, Washington D. C., USA, 1954 (mimeograph.). — **31.** Peterson jr., G. D.: Studies on control of the giant African snail on Guam. Hilgardia, Berkeley, *26*, 643—658, 1957. — **32.** Peterson jr., G. D.: *Lamprophorus tenebrosus* introduced into Guam to combat the giant African snail. J. econ. Ent., *50*, 114, 1957.

33. Rademacher, B.: Verhinderung des Nematodenschadens durch Zwischenfruchtbau. Zuckerrübenbau, *14*, 63—66, 1932. — **34.** Rademacher, B.: Gründüngung und Zwischenfruchtbau als Pflanzenschutz. Mitt. f. d. Landw., *49*, 635—637, 1934. — **35.** Roubaud, E., & R. Deschiens: Essais relatifs à la prophylaxie de l'anguillulose du mouton par l'usage des hyphomycètes prédateurs du sol. Compt. rend. Soc. Biol., Paris, *135*, 687—690, 1941. — **36.** Rühm, W.: Nematoden und biologische Bekämpfung der Insekten. Nematologica, *2*, Suppl., 349—354, 1957.

37. Schaerffenberg, B.: Untersuchungen über die Bedeutung der Enchytraeiden als Humusbildner und Nematodenfeinde. Z. Pflkrankh., *57*, 183—191, 1950. — **38.** Schaerffenberg, B.: Biologische Gleichgewichtsstörungen im Boden und ihre Folgen. Z. angew. Ent., *35*, 136—145, 1954. — **39.** Schaerffenberg, B., & H. Tend: Untersuchungen über das Verhalten der Enchytraeiden gegenüber dem Zuckerrübennematoden *Heterodera schachtii* (Schm.). Z. angew. Ent., *32*, 476—488, 1951. — **40.** Steiner, G., & H. Heinly: The possibility of control of *Heterodera radicicola* and other plant-injurious nemas by means of predatory nemas, especially by *Mononchus papillatus* Bastian. J. Acad. Sci. Wash., *12*, 367—386, 1922. — **41.** Steinhaus, E. A.: Principles of Insect Pathology. McGraw-Hill Book Comp., New York, Toronto, London, 757 pp., 1949. — **42.** Stoll, N. R.: Axenic cultivation of the parasitic nematode, *Neoaplectana glaseri* Steiner, 1929, in fluid media. Proc. Int. Congr. Zool. (1953), *14*, 382, 1956. — **43.** Sweetman, H. L.: The Principles of Biological Control. Wm. C. Brown Comp., Dubuque, Iowa, 560 pp., 1958.

44. Welch, H. E.: A review of recent work on nematodes associated with insects with regard to their utilization as biological control agents. Proc. 10. Int. Congr. Ent. (Montreal, 1956), *4*, 863—868, 1958. — **45.** Welch, H. E.: Test of a nematode and its associated bacterium for control of the Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata* (Say). Ann. Rept. Ent. Soc. Ont., *88*, 53—54, 1958. — **46.** Williams, F. X.: Life-history studies of East African *Achatina* snails. Mus. Comp. Zool., Harvard Univ. Bull., *105* (3), 295—317, 1951.

6. Verwendung von Wirbeltieren

Verglichen mit der biologischen Bekämpfung mittels Insekten spielt die Verwendung von Wirbeltieren eine geringere Rolle, wenn auch die Förderung und Ansiedlung einheimischer Vogelarten kürzlich neue Impulse erhalten hat. Da die bisher am erfolgreichsten genutzte Wirbeltiergruppe, die Fische, nicht gegen Pflanzenschädlinge, sondern gegen Krankheitsüberträger verwendet worden ist, wird sie hier nur kurz besprochen[1]).

[1]) Abschnitte 6 a, 6 b und 6 d in weitgehender Anlehnung an die Fassung von Sachtleben (26).

a) Fische

Zur Vertilgung der Larven malariaübertragender Mückenlarven zog man vor allem die Angehörigen zweier Familien der Zahnkärpflinge *(Cyprinodontes)* heran: die über das tropische Amerika, Afrika, Asien und Ostindien verbreitete Familie Cyprinodontidae (Arten der Gattungen *Fundulus, Panchax [Aplocheilus], Cyprinodon* usw.) und die auf das gemäßigte und tropische Amerika beschränkte Familie Poeciliidae (Arten der Gattungen *Gambusia, Heterandria, Lebistes, Mollienisia, Poecilia* usw.); insbesondere wurden für die biologische Bekämpfung verwendet aus der Gattung *Gambusia: Gambusia affinis affinis* (Baird et Girard), *G. a. holbrooki* (Girard), und *G. patruelis* Baird et Girard. Die erstgenannte Form lebt vorwiegend im Südwesten von Texas, *G. a. holbrooki* im Südosten und *G. patruelis* im ganzen Süden der Vereinigten Staaten. Die Arten werden häufig verwechselt (6, 7, 8, 14, 15, 19, 20, 21, 23, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34).

Nachdem durch die Untersuchungen von J. B. Smith der Wert nordamerikanischer Fischarten als Vertilger von Mückenbrut nachgewiesen war (von späteren Veröffentlichungen über diese Frage sind vor allem die Arbeiten von Hildebrand zu nennen), ging man nicht nur dazu über, in den Vereinigten Staaten diese nützlichen Fischarten zu vermehren und auszusetzen, sondern begann auch, sie in andere Länder zur Bekämpfung malariaübertragender Anophelinen einzuführen. Über die dabei bewährte Technik des Fischtransportes berichtet Innes (22). So wurde z. B. *Gambusia affinis* 1905 von Texas nach Hawaii und, nachdem dort die Einbürgerung geglückt war und gute Wirkung gezeigt hatte, 1913 auch nach den Philippinen gebracht (27). 1920 wurde eine *Gambusia*-Art, offenbar *G. patruelis* (4), aus den Vereinigten Staaten nach Spanien eingeführt (29) und von dort durch Grassi 1922 nach Italien importiert; nach Portugal ist sie dann selbständig von Spanien aus, längs des Tajo, eingedrungen (5, 11). 1926/27 wurde in Istrien eine planmäßige Malariabekämpfung durch Aussetzen von Gambusien in großem Umfang (jährlich bis zu 200 000 Exemplaren) begonnen, die von bestem Erfolg begleitet war. Seither sind mückenvertilgende Cyprinodonten in viele Malariagebiete der Welt eingeführt worden, so z. B. in Dalmatien, Mazedonien, Albanien, Griechenland, Süditalien, Sardinien, Korsika, Südfrankreich, Kanarische Inseln, Nordafrika, Ägypten, im Sudan, in Ostafrika, Madagaskar, Cypern, Syrien, Palästina, Iran, in der Südukraine und der südlichen Krim, in Daghestan, Transkaukasien, Turkmenistan, Uzbekistan, Tadshikistan und Turkestan, Ostindien, Mexiko, Westindien (wie Guyana-Inseln), Kanada, Australien, Tasmanien, Fidschi-Inseln und (hier gegen einheimische Culicinen) Neuseeland. Auch zur Vertilgung der Larven der Gelbfiebermücke *Aedes fasciatus* F. (*aegypti* L.) sind Fische verschiedentlich mit gutem Erfolg verwendet worden, so in Florida *Gambusia holbrooki* (24) und in Tampico (Mexiko) eine *Gambusia*-Art (3); dagegen bewährten sich in Ecuador Gambusien nicht, wohl aber eine einheimische Art: *Dormitator latifrons* (9). In Brasilien wurde *Astyanax bimaculatus* in größeren, *Rivulus santensis* und *Hemigrammus unilineatus* in kleineren Wasserbehältern mit Erfolg verwendet (10).

Die Ergebnisse mit den zur Mückenlarven-Bekämpfung ausgesetzten Cyprinodonten sind im allgemeinen sehr gut. Bei richtiger Auswahl der auszusetzenden Fischart gelingt die Einbürgerung meist, zumal viele der in Frage kommenden Arten, besonders die Gambusien, sehr anpassungsfähig an die verschiedensten klimatischen und ökologischen Verhältnisse sind (18). Je nach der Art können Süß- wie Brack- und Salzwasser besiedelt werden, von Teichen herab bis zum Tümpel, Quellen, Wasserbehältern und Tonnen. Gelegentlich austrocknende Wasserbehälter und Flüsse müssen danach wieder besetzt werden. Da sich viele der in Frage kommenden Fischarten stark vermehren können, aber kaum unter Feinden und Krankheiten leiden, sind sie, wie Hackett (16) sagt, ein „ideal biological agent", insbesondere, wenn man ihre Tätigkeit durch zweckmäßige Maßnahmen unterstützt, z. B. die dichte Vegetation entfernt, die Mückenlarven vor den Fischen beschützt. (Praktische Anleitungen bei [17, 35]). Nach Hacketts Urteil (16) sind die Gambusien allerdings nur selten in der Lage, die Bekämpfung der Malaria allein zu bewältigen. Sie beginnen mit

ihrem Fraß und ihrer Vermehrung erst spät im Frühjahr, werden durch dichte Vegetation behindert und vermehren sich in fließenden Gewässern nicht gut. Ihre ständige und langdauernde Wirksamkeit, die sich erst nach Jahren voll bemerkbar macht, stellt ihren besonderen Wert dar.

Mit dem Aufkommen der chemischen Bekämpfung von Mückenbrut und dem Einsatz von Flugzeugen zur Ausbringung der Mittel sind die angesiedelten und endemischen Cyprinodonten oft schwer gefährdet worden. Als besonders toxisch für Poeciliiden erwiesen sich Drogen wie Rotenon und Mammea (12) sowie chlorierte Kohlenwasserstoffe wie Toxaphen, DDT (besonders in Emulsionen) oder Dieldrin (25). Arsenpräparate wie Schweinfurter Grün waren weniger schädlich. Weitere Angaben über Verwendung und Gefährdung von nützlichen Cyprinodonten enthalten neuere Übersichtsreferate (1, 2, 13) und die Rev. appl. Entom. (B).

b) Amphibien und Reptilien

Unter den Lurchen und Kriechtieren befinden sich zahlreiche Arten, die Insekten und andere Gliederfüßler, Nacktschnecken und Würmer fressen und durch Vertilgung von Schädlingen nützlich werden. In allen Schriften über „Nützlinge" wird daher ihre Schonung empfohlen. Mehrfach hat man schon Kröten *(Bufonidae)*, die sehr standortstreu sind, in Gärten und Gewächshäusern ausgesetzt, besonders zur Bekämpfung von Schädlingen, die, wie Schnecken, anderweitig schwierig zu bekämpfen sind (4). Abgesehen von derartigen Maßnahmen der Schonung und Umsiedlung einheimischer Arten hat man bisher Amphibien nur vereinzelt für eine planmäßige Bekämpfung im Sinne einer Einbürgerung neuer Arten verwendet. Das bekannteste Beispiel ist die Riesenkröte, *Bufo marinus* (L.) (1, 2, 5, 7, 8), die von Texas bis Süd-Peru und Nordargentinien (Patagonien) und auf einigen der Kleinen Antillen natürlich vorkommt. Sie wurde bereits 1844 von Barbados nach Jamaica, sodann 1920 von Barbados nach Puerto Rico, 1932 von dort nach Hawaii eingeführt; außerdem hat man sie in Louisiana, Florida, den Philippinen, Australien, Neu-Guinea, den Fidschi-, Salomon- und anderen pazifischen Inseln sowie auf Kuba angesiedelt. Ihre Wirkung war zumeist vorzüglich, vor allem auf Hawaii (2, 3), den Fidschi-Inseln, Puerto Rico (8) und Barbados, durch die Vertilgung von Larven und Imagines schädlicher Lamellicornier, Elateriden, Noctuiden und auch von Tausendfüßlern in Zuckerrohrfeldern. Neuere Berichte von den beiden zuletzt genannten Inseln (6, 9) zeigen aber, daß mit dem Verschwinden vieler natürlicher Brutplätze infolge zunehmend intensiver Landwirtschaft dort auch die Bestände der Riesenkröten zurückgehen; dazu kommen Verluste der Kaulquappen durch Vögel, Libellen- und Dytiscidenlarven. Es wird den Farmern empfohlen, künstliche Brutbecken für die Kröten anzulegen, wie sie sich in Versuchen bewährt haben. — Auch Schlangen und andere Reptilien haben als Raubfeinde von Nagetieren und Insekten eine regulatorische und schädlingsmindernde Bedeutung, die allerdings bisher noch nicht durch planmäßige Verwendung dieser Tiere genutzt zu werden scheint.

Literatur zu 6, a

1. Adlung, K. G., G. Bodenstein & G. Müller-Bastgen: Über die Toxizität einiger Pflanzenschutzmittel für Fische. Aquaristik (Mainz), *3*, 44—51, 1957. — 2. Adlung, K. G., & G. Müller-Bastgen: Weitere Ergebnisse über die Toxizität von Pflanzenschutzmitteln auf Fische. Aquaristik (Mainz), *3*, 88—92, 1957. — 3. Anonymus: Top minnows a yellow fever eradicator. Science, *53*, 432—433, 1921.

4. Boettger, C.: Über die Artzugehörigkeit des in Italien zur Malariabekämpfung eingeführten Zahnkärpflings. Zool. Anz., *105*, 9—14, 1933. — 5. Bôto, R.: Resultado das observaçoes efectuados nos cancelhos de Benavente et Salvaterra de magos sôbre a distribuçâo de *Gambusia* e a sua provável procedencia. Arqu. Inst. Cam. Pest., *6*, 245—249, 1932. — 6. Buen, F. de, & S. de Buen: Note sull'acclimatazione della *„Gambusia affinis"*. Ann. Igiene, *32*, 281—285, 1922. — 7. Buen, F. de, & S. de Buen: La invasión de nuestras aguas dulces por las Gambusias (*Gambusia holbrooki* Grd.). Revista biol. Forest y Limnol., Ser. A, *1*, 49—53, 1929.

8. Chidester, F. E.: A biological study of the more important of the fish enemies of the salt marches mosquitoes. New Jersey Agric. Exp. Stat. Bull., 300, 1917. — 9. Connor, M. E.: Fish as mosquito destroyers. Natural History, *21*, 279—281, 1921.

10. De Carvalho-Franco, A.: Larvivorous fish in malaria control work. Serv. Profil. Malár., 18 pp., São Paulo, 1940 (Orig. portugiesisch).

11. Figueira, L., & F. Landeiro: Relatorio de primeiro ano de luta antisezionátrea. Arqu. Inst. Cam. Pest., *6*, 191—243, 1932. — 12. Floch, H., & P. De Lajudie: Sur les propriétés insecticides de la graine de *Mammea americana* (abricotier des Antilles). C. R. Acad. Agric. France, *32*, 611—614, 1946.

13. Gerberich, J. B.: An annotated bibliography of papers relating to the control of mosquitoes by the use of fish. Amer. midl. Nat., *36*, 87—131, 1946. — 14. Gioseffi, M.: Le „Gambusie" nella lotta antimalarica in Italia. Riv. Malariologia, *5*, 469—475, 1926. — 15. Grassi, B.: Acclimatazione delle Gambusie in Italia. Atti R. Acad. Naz. Lincei, Rend. Classe Sci. Fis., Mat. e Nat., *32*, 544—548, 1923.

16. Hackett, L. W.: Malaria in Europe. London, 1937. — 17. Hardenburg, W. E.: Mosquito Eradication. New York & London (p. 172—194), 1922. — 18. Hess, A. D., & C. M. Tarzwell: The feeding habits of *Gambusia affinis*, with special reference to the malaria mosquito, *Anopheles quadrimaculatus*. Amer. J. Hyg., *35*, 142—151, 1942. — 19. Hildebrand, S. F.: Fishes in relation to mosquito control in ponds. U.S. Public Health Repts., *35*, 1113—1128, 1919. — 20. Hildebrand, S. F.: Top minnows in relation to malaria control, with notes on their habits and distribution. U.S. Public Health Service, Publ. Health Bull., 114, 1921. — 21. Hildebrand, S. F.: Suggestions for a broader application of *Gambusia* for the purpose of mosquito control in the south. Publ. Health Rpts., *36*, 1460—1461, 1921.

22. Innes, W. T.: Exotic Aquarium Fishes. Philadelphia, 1935.

23. Jordan, D. St.: The mosquito fish *(Gambusia)* and its relation to malaria. Smithsonian Inst., Ann. Rpts., 361—368, 1926/27.

24. Le Van, J. H.: Methods for controlling *Aedes aegypti* mosquitoes with *Gambusia holbrooki* minnows at Key West, Florida. Publ. Health Rep., *56*, 1217—1221, 1941.

25. Rudd, R. L., & R. E. Genelly: Pesticides: their use and toxicity in relation to wildlife. State of California, Dept. of Fish and Game, Game Management Branch, Game Bull. 209 pp., No. 7, 1956.

26. Sachtleben, H.: Biologische Bekämpfungsmaßnahmen. Handb. d. Pflanzenkrankh. VI, 2. Halbband, P. Parey, Berlin, 1—120, 1941. — 27. Seale, A.: Report of Mr. Alvin Seale of the United States Fish Commission, on the introduction of top-minnows to Hawaii from Galveston, Texas. Hawaiian Forest. & Agricult., *2*, 364—367, 1905. — 28. Seale, A.: The mosquito fish, *Gambusia affinis* (Baird and Girard), in the Philippine Islands. Philipp. J. Sci., *12*, 177—187, 1917. — 29. Sella, M.: Campagna antimalarica nella Spagna. El sol, Madrid, 25. VI. 1921 & El liberal, Madrid, 26. VI. 1921. Ann. Igiene, *31*, 435—436, 1921. — 30. Sella, M.: I pesci larvifagi e l'esperimento di campagna antimalarica con le Gambusie a Rovigno d'Istria. Riv. Malariol., *6*, 881—909, 1927. — 31. Sella, M.: Gambusie e verde di Parigi nella lotta antimalarica a Rovigno (relazione per il 1928) e cenni sulla lotta in Istria. Riv. Malariol., *8*, 357—392, 1929. — 32. Sella, M.: Einige Untersuchungen über Malaria und über Fische in Rovigno. Forschg. u. Fortschritte, *9*, 147—148, 1933. — 33. Smith, J. B.: Report New Jersey State Exp. Sta. upon the mosquitoes occuring within the States, their habits, etc., Trenton, 1904. — 34. Sweetman, H. L.: The Principles of Biological Control. Wm. C. Brown Comp., Dubuque, Iowa, 560 pp., 1958.

35. Weidner, H.: Die Malariamückenbrutplätze Nordgriechenlands und ihre Sanierung. Z. angew. Ent., *32*, 86—133, 1951.

Literatur zu 6, b

1. Leonard, M. D.: Notes on the giant toad, *Bufo marinus* (L.), in Puerto Rico. J. econ. Ent., *26*, 67—71, 1933.

2. Pemberton, C. E.: Local investigations on the introduced tropical American toad *Bufo marinus*. Hawaiian Planter's Record, *38*, 186—192, 1934. — 3. Pemberton, C. E.: Entomology. Rep. Comm. Exp. Sta. Hawaii. Sug. Pl. Ass. 1934—1944, 17—21, 1945. — 4. Plate, H. P., & E. Frömming: Die tierischen Schädlinge unserer Gewächshauspflanzen, ihre Lebensweise und Bekämpfung. Duncker & Humblot, Berlin, 288 pp., 1953.

5. Sweetman, H. L.: The Principles of Biological Control. Wm. C. Brown Comp., Dubuque, Iowa, 560 pp., 1958.

6. Tucker, R. W. E.: *Bufo marinus* L. in Barbados. Agric. J. Barbados, *8*, 145—150, 1939.

7. Volkenberg, H. L. van: Biological control of an insect pest by a toad. Science, *82*, 277—279, 1935.

8. Wolcott, G. N.: What the giant Surinam toad, *Bufo marinus* L. is eating now in Puerto Rico. J. Agric. Univ. Puerto Rico, *21*, 78—84, 1937. — 9. Wolcott, G. N.: What has happened to the giant Surinam toad *Bufo marinus* L., in Puerto Rico. Rev. Agric. P. Rico, *38*, 25—29, 1948.

c) Vögel

aa) Einfuhr fremder Vogelarten

Die Einfuhr fremder Vogelarten zur Bekämpfung von Schädlingen ist bisher nur selten versucht worden. Erwähnt sei hier der Heuschreckenstar oder Mynah, *Acridotheres tristis* L., der vor etwa 90 Jahren aus Indien nach Hawaii, Mauritius und auf die Seychellen gebracht wurde (56, 85, 118) (s. Bd. V, 5. Lieferg. 1958, S. 138). Dort hat er zwar, wie beabsichtigt, schädliche Eulenraupen (auf Hawaii) und Heuschrecken (*Nomadacris septemfasciata* [Serv.]) so weitgehend vertilgt, daß sie nur noch örtlich häufiger auftreten. Andererseits schaden die Mynas ebenso wie die aus China nach Hawaii eingeführten Turteltauben, *Turtur chinensis* Scop., indem sie Samen des als Zierpflanze auf diese Inseln importierten und dort zu einem Unkraut gewordenen Strauches *Lantana camara* L. verbreiten. Sie sollen sogar Geflügel von ihren Nestern vertreiben und Eier stehlen (132). Der Heuschreckenstar kam auch 1875 nach Neu-Seeland und 1897 nach Uruguay, offenbar ohne großen Nutzen zu stiften. Zur Vertilgung von *Malacosoma*-Arten holte man ferner etwa 1897 eine verwandte Art, *Athiopsar cristatellatus* Gm., von China nach den nördlichen Pazifikstaaten der USA (s. Bd. V, 5. Liefg. 1958, S. 138). Eine Reihe von Vogelarten, die zur Bereicherung der Fauna in andere Kontinente verfrachtet wurden, hat sich in der neuen Heimat z. T. als schädlich erwiesen, z. B. der Haussperling *Passer domesticus* (L.) und der Star *Sturnus vulgaris* L. in den Vereinigten Staaten, der Grünling *Chloris chloris* (L.) und die Amsel *Turdus merula* (L.) in Neuseeland (82). Offenbar haben diese schlechten Erfahrungen mit eingeführten Vogelarten abschreckend gewirkt, so daß neue Versuche zur Verwendung fremder Vögel bei der biologischen Bekämpfung ausblieben. Übersicht über Umsiedlungen bei (42).

Anders liegt der Fall, wenn es sich um die Verfrachtung und Neuansiedlung von erwünschten Arten handelt, die im gleichen Kontinent bereits vorkommen. Ein solcher Fall liegt beim Trauerschnäpper *Ficedula hypoleuca* (Pallas) vor, der im nördlichen West- und Mittelrußland brütet, nun aber in den Windschutzstreifen der südrussischen Steppe angesiedelt werden soll. Gewisse Anfangserfolge sind dabei durch Verfrachtung von Jungvögeln bereits erzielt worden (75, 92).

bb) Förderung und Vermehrung einheimischer Vogelarten

Die Förderung und Vermehrung einheimischer Vogelarten hat im Gegensatz hierzu besonders in Europa und Nordamerika schon seit Ende vorigen Jahrhunderts ein großes und bis heute anhaltendes Interesse gefunden. Dabei machte die Bewertung der Vögel als Helfer bei der Vertilgung schädlicher Insekten und Nager eine beachtliche Wandlung durch. Aus der Fülle der älteren und neueren Literatur über dieses besonders umstrittene Gebiet der biologischen Bekämpfung können hier nur Beispiele angeführt werden[1]). Der Schwerpunkt unserer Darstellung liegt dabei auf der Verwendung der Vögel, nicht auf einer Bewertung ihrer wirtschaftlichen Bedeutung ohne Eingreifen des Menschen.

[1]) Über die einzelnen Vogelarten vgl. dieses Handbuch Bd. V, 5. Lieferung, 1958.

Von den älteren Autoren muß hier vor allem v. Berlepsch genannt werden, der bei uns neben Frau Hähnle als Gründer der Vogelschutzbewegung gilt. In seinem Buch „Der gesamte Vogelschutz" und den Jahresberichten der staatlich anerkannten Versuchs- und Musterstation für Vogelschutz (jetzt Vogelschutzwarte) Seebach führt er zahlreiche Fälle an, in denen durch Vogelschutz in der Bekämpfung von Schädlingen Erfolge erzielt wurden (4, 5). Er meint, „daß wir in einem naturgemäßen Vogelschutz überhaupt die einzig wirklich erfolgreiche Schädlingsbekämpfung besitzen" ([5], S. 74). Seine Beweisführung entsprach jedoch zumeist nicht den heutigen Ansprüchen (vgl. unten).

Während das Hauptverdienst von Berlepschs in der Ausarbeitung brauchbarer Methoden zur Steigerung des Vogelbestandes zu sehen ist, kamen um die Jahrhundertwende mehrere Autoren auf Grund von Magenuntersuchungen zu einer sehr günstigen Beurteilung der Vogeltätigkeit. Forbes (28, 29) gibt nach solchen Untersuchungen an, daß zwei Drittel der Vogelnahrung aus Insekten besteht; er schätzt die Vogel- und Insektenzahlen im Staate Illinois und glaubt, daß die Insektenmenge ohne Vogelfraß jährlich um zwei Drittel anwachsen müßte. Rörig (99, 100, 101, 102) kommt nach dem Ausgang seiner umfangreichen Fütterungsversuche, Magen- und Gewöll-Untersuchungen ebenfalls zu der Anschauung, daß der Vogelschutz im Interesse des praktischen Pflanzenschutzes betrieben werden müsse. Gegenüber den parasitischen Insekten, deren Hilfe bei Insektenkalamitäten stets zu spät komme, betont er die vorbeugende Wirkung der Vögel. Er gibt jedoch zu, daß sie gegen einmal ausgebrochene Massenvermehrungen nichts ausrichten können (100). McAtee (76, 77) stellt 88 Fälle zusammen, in denen Vögel in den Vereinigten Staaten örtliche Insektenplagen unterdrückt haben, und 109 Beispiele für wirksame Vertilgung von Schadinsekten; daß sie bei großen Gradationen (Heuschreckenplagen) versagen, gibt auch er zu. Kluyver (61) betont, daß man den Schaden kleiner Insektenvermehrungen oft unterschätze und gerade diese Verluste durch Vogelfraß verringert werden könnten. Im übrigen stimmen seine Ansichten mit denen von Rörig etwa überein. Er weist jedoch besonders darauf hin, daß Vögel nur eine verhältnismäßig geringe Vermehrungsfähigkeit haben und daher selbst bei hoher örtlicher Dichte keine schnell ausbrechende Insektenplage mehr aufhalten können. Langsam anwachsende Gradationen könnten jedoch durch Vögel verhindert werden.

Diesen positiven Ansichten stehen einige sehr skeptische gegenüber (3, 66, 96, 114, 131 a), die sich folgendermaßen zusammenfassen lassen: Vögel sind nie in ihrer Nahrungswahl wirklich spezialisiert und finden auch bei eifrigem Suchen nie genügend Tiere der Schadinsektenart, um eine Übervermehrung zu verhindern. Im Auffinden der Beute sind sie den spezifischen Feinden aus dem Insektenbereich weit unterlegen. Außerdem können sich in Zeiten zwischen den Gradationen nicht so viele Vögel in einem Gebiet erhalten, wie sie dann bei Beginn einer Übervermehrung gebraucht würden. Wenn Vögel Insekten fressen, nehmen sie genau so gern nützliche wie schädliche Arten. Dazu kamen Bedenken der Entomologen gegen die fachliche Stichhaltigkeit der von Ornithologen berichteten Beobachtungen. Ein bekannter Fall hierzu ist die Mitteilung von Homeyer (55) über Kuckucke, die nach seiner Berechnung in 15 Tagen 2 880 000 Nonnenraupen vertilgt hatten; er beendet seine Darstellung mit dem Hinweis, daß in dem betreffenden Wald dann auch keine Raupen übrig waren. Aus dem Datum läßt sich ersehen, daß sich die Nonnenraupen damals ohnehin verpuppten und somit (als Raupen) verschwanden (3).

Aus diesen gegensätzlichen Ansichten der vergangenen Jahrzehnte, die oft auf einer Überbewertung von Einzelfällen beruhten und die sich durch weitere Beispiele ergänzen ließen (1, 2, 40, 46, 49, 105, 115, 117, 127), entstand eine ausgleichende und objektivere Betrachtung des Fragenkomplexes.

Diese fand in zwei prinzipiell sehr verschiedenen Anschauungen ihren Niederschlag. Die eine z. B. von Gasow (41), Glasewald (44), v. Vietinghoff-Riesch (128, 129), u. a. (48) in verschiedener Weise vertretene Richtung befürwortet den Vogelschutz als ein Bestreben, im Rahmen des Naturschutzes die Vogelwelt vor den schädlichen Einwirkungen der Zivilisation zu schützen. Ethische und wirtschaftliche Gründe fließen hierbei zum Teil zusammen. Die Vogelansiedlung als Hilfe im Pflanzenschutz hat nur dort Sinn, wo die Landschaft selbst noch halbwegs natürlich

ist wie im Wald und im Obstbaugelände, nicht aber in völlig degradierter Kulturlandschaft. Die komplexen Wechselbeziehungen in einer Biozönose machen es schwer bis prinzipiell unmöglich, auf dem Wege der experimentellen Kausalanalyse die Bedeutung einzelner Glieder des Vertilgerkreises zu klären. Eine einseitige Förderung einer dieser Begrenzungsfaktoren kann zu Nachteilen führen und ist daher wenig aussichtsreich, u. U. sogar abzulehnen.

Die andere neuere Richtung, die vor allem in Rörig (100) u. a. älteren Autoren ihre Vorläufer hat und die, da sie mehr der hier abzuhandelnden Vorstellung von der biologischen Bekämpfung entspricht, ausführlicher dargestellt werden soll, betont folgende Grundsätze: Um wirtschaftlichen Vogelschutz oder „Vogelhege" als eindeutig vom ethischen abtrennbare Maßnahme des Pflanzenschutzes mit Aussicht auf Erfolg betreiben zu können, benötigen wir neben genaueren Vorstellungen über die Ernährung der Vögel α) wirksame Methoden zur Steigerung der Vogeldichte, β) Methoden zur Ermittlung quantitativer Angaben über den Anteil der von Vögeln vernichteten Einzeltiere an der Gesamtsterblichkeit von Schädlingen, und γ) eine darauf aufbauende, durch Freilandversuche geprüfte Bewertung der wirtschaftlichen Bedeutung von Vögeln unter verschiedenen Bedingungen.

α) *Die Methoden zur Steigerung der Siedlungsdichte,*

die sich heute bewähren, haben sich aus den von Berlepsch (5) und seinen Zeitgenossen geschaffenen Anfängen entwickelt. Sie sollen nur stichwortartig erwähnt sein, da es hierüber und über die mit diesen Methoden erzielten Erfolge eine reiche Literatur gibt (7, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 52, 54, 67, 70, 73, 74, 86, 88, 89, 90, 97, 104, 110a).

In Wirtschaftswäldern ist für *Höhlenbrüter* die Brutmöglichkeit besonders beschränkt. Das Stehenlassen morscher Einzelstämme als natürliche Maßnahme kann durch das Aufhängen von Nisthöhlen ergänzt werden. Am besten haben sich für Meisen, Fliegenschnäpper und andere Arten Holzbeton-Nisthöhlen mit abnehmbarer Vorderwand bewährt. Für Baumläufer *(Certhia* spp.) und andere kleine Höhlenbrüter eignen sich auch Nisthöhlen mit schlitzförmigem Eingang. Daneben gibt es Halbhöhlen für größere Vogelarten und für Schwalben. Turmfalke und Schleiereule lassen sich durch kleine Hilfsmaßnahmen in Scheunen und auf Dachböden ansiedeln. Zum Einfügen in Mauern wurden Niststeine entwickelt. Wirkliche Bedeutung für Wald und Obstgehölze, wo eine künstliche Vermehrung des Vogelbestandes sinnvoll erscheint, haben jedoch gegenwärtig besonders Nistkästen und die erwähnten Holzbeton-Höhlen mit einer Fluglochweite von 34 mm. Geeignete Typen werden in Deutschland von den Vogelschutzwarten und der BBA gemeinsam geprüft und anerkannt. Man soll sie nicht zu hoch aufhängen und mindestens einmal im Jahr (im frühen Spätsommer) kontrollieren, dabei den Bruterfolg notieren und unerwünschte Einmieter entfernen. Vogelfeinde aus der Insektenwelt, wie Hornissen und Wespen, lassen sich durch vorbeugende Behandlung der Nisthöhlen mit Kontaktinsektiziden fernhalten (11). Räubereien durch Katzen und Marder kann man durch Schutzringe um einzelstehende Bäume oder einen besonderen „Marderschutz" in oder vor der Höhle teilweise vermeiden; allerdings werden solche Kästen von manchen Arten nicht mehr so gern angenommen. Höhlen werden am leichtesten, aber nicht ausschließlich, am Waldrand besiedelt. Man hängt sie so auf, daß die Einflugöffnung nicht nach der Wetterseite zeigt.

Außerdem haben sich noch folgende Verfahren als geeignet erwiesen, um den *Freibrüter*bestand in Wäldern zu heben: Die Anbringung von Nisttaschen (um den Stamm gebundene Zweigbündel), das Aufstellen von Nisthaufen (Reisighaufen frei oder am Stamm), das Zusammenbinden von Zweigen bei Hecken und kleinen Nadelbäumen, das Schneiden von Quirlen in vorhandenen Hecken, das Anpflanzen eigener Vogelschutzhecken und Futtersträucher, die Einrichtung von Tränke und Fütterung, das Kurzhalten von Vogelfeinden

und schließlich waldbauliche Maßnahmen allgemeiner Art. Einzelheiten darüber bringen die genannten Vogelschutzbücher.

Nur am Rande sei erwähnt, daß man auch durch vorsichtige Anwendung chemischer Mittel gegen Insekten und Nagetiere Verluste vermeiden und damit indirekt den Vogelbestand fördern kann. Obwohl lokale Bekämpfungsaktionen mit den heute anerkannten Mitteln zumeist keine nachweisbaren Schäden verursachen, ist diese Frage insofern doch akut, als durch gewisse hochtoxische Stoffe wie manche Phosphorsäureester, Endrin und Dieldrin auch ohne Überdosierung Verluste von Vögeln vorkommen. Außerdem gibt es Fälle, in denen nicht nur Waldränder gelegentlich, sondern ganze Bestände regelmäßig mit langwirksamen Insektiziden behandelt werden, wodurch zwangsläufig die Nahrung insektenfressender Vogelarten (zumeist in der Brutzeit) zurückgeht (14, 94, 95, 103). Eine Zusammenarbeit mit den für Vogelschutz zuständigen Stellen (in Deutschland: Vogelschutzwarten) ist bei größeren Aktionen mit chemischen Mitteln zu empfehlen.

Über das Ergebnis dieser Maßnahmen zur Steigerung der Siedlungsdichte insektenfressender Vögel liegen noch keine abschließenden Erfahrungen vor. Immerhin hat die von Pfeifer (86, 90a), Bruns (13, 22) u. a. erprobte Massierung von Brutgelegenheiten gezeigt, daß sich die Siedlungsdichte im Verhältnis zum Ausgangsbestand und zu dem vorher für möglich Gehaltenen erheblich anheben läßt. Offenbar ist also in den meisten unserer Wirtschaftswälder der Mangel an Brutgelegenheiten der die Siedlungsdichte bestimmende Begrenzungsfaktor und nicht — wie früher oft angenommen (68) — das Nahrungsangebot. Schon Steinfatt (112) hatte gezeigt, daß beim Vorhandensein von genügend Niststätten der Vogelbestand auch nach dem Zusammenbruch einer Nonnen-Gradation *(Lymantria monacha* [L.]) weiter ansteigen kann. Die jetzt erzielten Siedlungsdichten (zumeist gleichgesetzt mit Zahl der ausgeflogenen Bruten: Brutdichte) erreichen in klimatisch und edaphisch bevorzugten Mischwäldern 10—50 Paare/ha; auch in armen Kiefernstandorten, reinen Buchenwäldern und geschlossenen Fichtenbeständen sind neuerdings mehrfach viel mehr Vögel angesiedelt worden, als selbst von Vogelschutzwarten vorher empfohlen wurde (15, 31, 90). Wegen der je nach Bestandesform, -alter, -mischung und -klima sehr verschiedenen Ergebnisse bisheriger Versuche und der daraus abgeleiteten optimalen Niststättendichte sei auf die Originalarbeiten verwiesen. Die Schaffung und Kontrolle vermehrter Brutstätten erhöhen zugleich die notwendigen Kosten. Um diese in erträglichen Grenzen zu halten, sollten solche Maßnahmen schwerpunktmäßig auf Standorte konzentriert werden, an denen Übervermehrungen von Schadinsekten erfahrungsgemäß beginnen oder besonderer Schutz erforderlich ist, soweit Vögel gegen die betreffende Schädlingsart überhaupt etwas ausrichten können (16). Dies erfordert eine genaue Überwachung der Wälder und Obstgehölze, wie überhaupt für solche Maßnahmen keine schematische Ausführung von Rezepten, sondern nur die intensive persönliche Verbindung zwischen Mensch und übriger Lebensgemeinschaft geeignet erscheint.

β) Die Prüfung der wirtschaftlichen Bedeutung von Vögeln

kann auf die verschiedenste Art und Weise geschehen. Seit dem vorigen Jahrhundert sind Untersuchungen des Magen- und Kropfinhaltes, sowie der Rupfungen und Gewölle (bei Greifvögeln u. Eulen) üblich. Hierüber gibt es heute ein sehr großes Tatsachenmaterial (z. B. 6, 124, 125).

Infolge schnell einsetzender Verdauung entsteht bei Magenanalysen leicht ein falsches Bild (65). Folgende Methoden haben sich außerdem, einzeln oder miteinander kombiniert, zur qualitativen Nahrungsbestimmung bewährt (25, 36): Die unmittelbare Beobachtung;

die Untersuchung von Speiballen auch bei Singvögeln; die sogenannte Halsringmethode, bei der dem Jungvogel ein weicher Metallring so um den Hals gelegt wird, daß er nicht schlucken kann (59, 60); die Benutzung einer Jungvogelattrappe, die beim Füttern der Altvögel entweder den Schnabel vom Beobachter aufgemacht bekommt (93) oder automatisch sperrt und Nahrung in einem eingebauten Sammelbehälter mit Alkohol konserviert (133); die Kontrolle des Futters im Schnabel des Altvogels unmittelbar vor der Fütterung (45).

Die drei letztgenannten Verfahren erlauben bereits eine gewisse quantitative Auswertung. Das eigentliche Ziel derartiger unter wirtschaftlichem Gesichtspunkt betriebener Untersuchungen ist es, zwischen dem vorhandenen Nahrungsvorrat, nach Arten gesondert, und dem aufgenommenen Anteil eine Beziehung herzustellen. Bei der Bestimmung der täglichen Nahrungsmenge sind Auszählungen der Individuen weniger repräsentativ, wenn auch leichter zu erhalten als Volumen- oder Gewichtsangaben; sie lassen sich auf das gesamte Nahrungsangebot (18, 121) oder dessen Nährstoffgehalt (116) beziehen. Dabei ist zu prüfen, ob sich dieser Anteil vergrößert, wenn das Angebot wächst, also wenn einige Arten zunehmen. Nur dann kann man von der betreffenden Vogelart regulatorisches Wirken innerhalb der Biozönose erwarten. Da sich eine biologische Bekämpfung stets gegen bestimmte Schadtiere richtet, gehört zu einer soliden Erfolgskontrolle der Vogelansiedlung auch die Gradationsanalyse des betreffenden Schädlings. Das Verfahren bleibt grundsätzlich das gleiche, ob die Wirkung eines bereits vorhandenen oder eines künstlich vermehrten Vogelbestandes zu untersuchen ist (34, 37, 84). Nur die Beobachtung des gesamten Gradozöns zeigt, welche kompensatorischen Kräfte am Werk sind, wenn trotz Anstieges der Vogeldichte der überlebende Schädlingsbestand oder der (leichter feststellbare) durch ihn angerichtete Schaden nicht zurückgeht.

Ob eine Änderung im Bestand der Phytophagen eintritt, läßt sich auf mannigfache Weise prüfen. In allen Fällen liegt der Beurteilung des Effektes der Vogeltätigkeit ein Vergleich zu Grunde, und zwar zwischen räumlich oder zeitlich geschiedenen Situationen. Man kann dabei entweder (als Mittel der biologischen Bekämpfung) an einem Ort vermehrt Vögel ansiedeln bzw. natürliche Ansammlungen beobachten; oder man verfolgt eine künstlich erzeugte Schädlings-Gradation bzw. den Ablauf einer natürlich entstandenen Übervermehrung. Die üblichste Methode dabei ist der Vergleich von Probeflächen, die sich entweder durch ihren Vogelbestand oder durch ihren Bestand an Schadinsekten unterscheiden. Vogelreiche Flächen und vogelarme sollen wegen des Aktionsradius der Insektenfresser auch zur Brutzeit einige hundert Meter getrennt sein, sonst aber in bezug auf Fauna, Flora, Bestandscharakter, Randlänge usw. möglichst übereinstimmen. Da diese Forderung nicht leicht zu verwirklichen ist, wurde der Tausch von Versuchs- und Kontrollgebiet nach Ablauf einiger Jahre vorgeschlagen (13). In der Zwischenzeit ändert sich auch die Insektenbevölkerung, und so dürfte bei Versuchen gegen gradierende Schädlinge die Anlage mehrerer Versuchs- und Vergleichsflächen noch bessere Ergebnisse liefern. Der Effekt des Vogelfraßes wird deutlicher, wenn man der künstlich stark besiedelten eine durch geeignete Maßnahmen vogelarm gemachte Fläche gegenüberstellen kann (26). Im Extrem geschieht dies bei der unten genannten Differenz-Methode. Überflüge der Schädlinge lassen sich bis zu einem gewissen Grade durch Anlage isolierter Versuchsflächen vermeiden.

Die Wirkung des Vogelfraßes kann man auf solchen Flächen ermitteln durch a) Erfassung der Dichte der jeweils interessierenden Insekten vor und nach der Fraßzeit oder nach jeder

Generation durch Probeauszählung besonders gut zu beobachtender Stadien; b) Untersuchung von unverkennbaren Spuren des Vogelfraßes an ebenso eindeutig zu bestimmenden Fraßbildern mancher Insekten, vor allem minierender oder nestbauender Arten (z. B. aufgepickte Blattminen oder Raupennester) (10, 37, 43 a, 67, 123); c) Vergleiche der gesamten Insektenfauna in vogelarmen und vogelreichen, biozönotisch ähnlichen Flächen (111); d) Messung des durch Schadarten verursachten Verlustes an Pflanzensubstanz (Fraßschaden), wobei das Wiederaustreiben mancher Bäume (Eichen, Lärchen) kurz nach der Entlaubung bedacht werden muß (106, 119); e) Ermittlung des Zuwachsverlustes in den verglichenen Beständen, ein nur in Wäldern und nur bei hohem Wirkungsgrad der Vögel aussichtsreiches Verfahren (63).

Alle diese Methoden beim Probeflächenvergleich sind, außer der unter b) genannten, indirekt, da nur die Veränderung der Beutetier-Bestände bzw. deren Fraßwirkung summarisch erfaßt wird. Durch genaues Ausschließen nur der Vögel von Teilen der Beutepopulation läßt sich dieser Indizienbeweis verbessern. Hierzu eignet sich in manchen Fällen die Differenz-Methode, bei der durch mechanische Abschirmung von Vögeln und Zulassen anderer Feindarten und Umwelteinflüsse auf kleinen Räumen sozusagen ein umgekehrter Käfigversuch entsteht. Die Vögel werden nicht ein-, sondern ausgesperrt, entweder durch Maschendraht oder durch Netze, mit einer Maschenweite, die gerade hierfür klein genug ist. Dieses Verfahren wurde bisher u. a. erprobt gegen *Operophtera brumata* (L.), *Tortrix viridana* L. (9, 91), *Choristoneura fumiferana* (Clem.) (26), *Malacosoma neustria* (L.) und *Lymantria monacha* (67). Auch zur Prüfung der Wirkung von Greifvögeln gegen Kleinnager wurde es benutzt (81).

Dieses Differenzverfahren, das einen Faktor ausschließt, ohne das übrige Ökosystem zu stören, scheint in Verbindung mit der künstlichen Erzeugung einer Übervermehrung der Beutetiere (131) neue Möglichkeiten für eine Form des exakten Freilandversuches zu erschließen, die gerade beim Nachweis der Wirkung von Vögeln noch sehr fehlt. Allerdings hat auch diese Methode ihre Fehlerquellen: neue Jahrestriebe können durch die Maschen des Netzes wachsen und ein falsches Befallsbild erzeugen; auch andere größere Tiere werden mit ausgeschlossen, und wenn diese, wie nordamerikanische „red squirrels" *(Tamiasciurus hudsonicus)*, ebenfalls Insekten fressen, kommt der beobachtete Befallsunterschied nicht nur auf das Konto der Vögel (26).

Wir hatten gesehen, daß die Reaktionsfähigkeit einer Vogelart oder eines Vogelbestandes gegenüber dem Anstieg der Beutepopulation ein entscheidendes Kriterium ist. Dabei handelt es sich um Änderungen im *Verhalten* oder im *zahlenmäßigen Bestand* der Vögel (functional und numerical responses) (80). Um sie zu erfassen, sind verhaltenskundliche Untersuchungen ebenso erforderlich wie langjährige quantitative Bestandsaufnahmen der im Beobachtungsgebiet lebenden Vögel. Verhaltensänderungen äußern sich hierbei vor allem in einer Zusammenscharung in und außerhalb der Brutzeit sowie in einer Spezialisierung auf die besonders reichlich gebotene Nahrung (31). Für das letztere gibt es viele Beispiele. Genannt werden die Vogelfeinde der Graseule *(Charaeas graminis* L.) (8), des Tannentriebwicklers *(Choristoneura murinana* [Hb.]) (32), des Ringelspinners *(Malacosoma neustria)*, des Eichenwicklers *(Tortrix viridana)* (62, 90 a, 110) und des Kohlweißlings *(Pieris brassicae* L.) (98), um nur einige neuere Fälle zu erwähnen. Henze hat daraus die übertreibende, aber für den Praktiker einprägsame Bezeichnung des „Arbeitsvogels" abgeleitet (52). Demgegenüber zeigen andere Beobachter, daß es Vögel vermeiden, sich

einseitig zu ernähren oder ihre Jungen nur mit einer Insektenart zu füttern. Beispiele hierzu stammen von Gradationen des Frostspanners *(Operophtera brumata)* (72), der Wiesenschnake *(Tipula paludosa* Meig.) (59), der Nonne (*Lymantria monacha* (113), des Kartoffelkäfers *(Leptinotarsa decemlineata* [Say]) (87) und verschiedener Kieferninsekten (119).

Die Winterruhe der Insekten setzt diese monatelang den Angriffen der durch Kälte in ihrer Aktivität nicht gehemmten Vögel aus, je weiter polwärts, desto länger (33). Polyphage Räuber wie Vögel spezialisieren sich besonders in solchen Zeiten allgemeiner Beuteknappheit (z. B. Spechte im Winter auf Rüsselkäfer) (130). Versuche mit Käfigvögeln haben gezeigt, daß diese unter einem großen Angebot gleichzeitig vorhandener Nahrungsarten wirklich wählen können (12). Verallgemeinerungen sind also nicht zulässig. Endgültige Einstufungen von Vögeln in Nutz- und Schadarten sind ebenso unbiologisch wie allgemeingültige Angaben über die Verteilung der Futtertiere auf Schädlinge, Nützlinge und indifferente Arten.

Ansammlungen von insektenfressenden Vögeln im Gebiet einer Gradation sind so üblich, daß auf Einzelbeispiele verzichtet sei. Interessanterweise beteiligen sich dabei sonst oft als „Körnerfresser" eingestufte Arten an der Insektenjagd, und die Anziehungskraft eines solchen Gebietes kann sich auf über 15 km erstrecken (vgl. z. B. die Jagd von Mauerseglern (*Micropus apus* [L.]) auf vom Luftstrom hochgewehte Eichenwickler-Räupchen [122]). Wenn durch die Entlaubung bei einer Insektenkalamität ein Wald weniger tauglich zur Brut wird, können Ansammlungen hinzufliegender Vögel wichtiger werden als die Zunahme der Brutdichte (121).

Quantitative Bestandsermittlung wird sich meist auf Brutvögel beschränken müssen. Hierbei ist die Methode entscheidend, mit der alle Brutpaare auf bestimmten Probeflächen erfaßt werden (83, 123 a). Eindeutige Zunahme bestimmter Arten als Folge einer Insektengradation sind bisher nur selten beobachtet worden, da hierbei, wie in den meisten der besprochenen Fälle, außer den ornithologischen Studien eine quantitative Erfassung der Beuteinsekten zu fordern ist, die praktisch nur von einem Arbeitsteam geleistet werden kann. Am besten sind die Verhältnisse wohl beim Tannentriebwickler *(Choristoneura fumiferana* [Clem.]) in Nordamerika bekannt, wo Morris und Mitarbeiter den Bestandswechsel von Brutvogelarten und Beuteinsekten über 10 Jahre lang genau verfolgten (80). In Übereinstimmung mit früheren kürzeren Beobachtungen (50, 57) fanden sie, daß vor allem eine „warbler"-Art (Fam. Parulidae), und zwar *Dendroica castanea,* schwächer auch andere Vertreter der gleichen Familie, zugleich mit den Wicklern erst zu- und dann wieder abnahmen. Den Höhepunkt der (12fachen) Zunahme erreichte der „warbler" etwas später als der Wickler. Daß solche parallelen Abundanzverschiebungen mehr waren als zufällige Gleichzeitigkeiten, ließ sich nur nach mehrfacher Beobachtung des gleichen Phänomens, wie sie hier vorlag, mit einiger Sicherheit aussagen.

γ) Eine Bewertung der Vögel als Mortalitätsursache

schädlicher Insekten (oder Nager) wird nach dem soeben über die Methoden Ausgeführten stets die Verflochtenheit aller ökologischen Beziehungen und die relativ unbedeutende Rolle der Vögel innerhalb der Gesamtheit der Begrenzungsfaktoren berücksichtigen müssen. Es ist durchaus wahrscheinlich, daß ein großer Teil der Insektenfresser und Greifvögel auf den Nettobestand ihrer Beutetiere nicht reduzierend

wirkt, sondern von dem lebt, was ohnehin sterben muß, und daß Verluste durch Vögel von den Beutetieren teilweise kompensiert werden können (vgl. 27). Übereinstimmend wird häufig festgestellt, daß eine einmal ausgebrochene Gradation nur selten, und zwar wenn es sich um eine lokale Übervermehrung handelt, durch Vögel beendet werden kann (24, 30). Neue Beobachtungen an Spechten und deren Einfluß auf das Ende einer Gradation von Borkenkäfern *(Dendroctonus engelmanni* Hopk.) in den westlichen Vereinigten Staaten sind ein gutes Beispiel dafür (64). Die im Höhepunkt vieler Gradationen beobachtete Tatsache, daß eine große Zahl der Vögel die dann massenhaft vorhandenen Beutetiere frißt, darf nicht darüber hinwegtäuschen, daß die Entstehung der Massenvermehrung als solcher bereits das „Versagen" der Vögel (und anderer unvollkommen dichteabhängiger Begrenzungsfaktoren) anzeigt und daß bisher nur ganz wenige Beobachtungen darüber vorliegen, daß ein leichter Populationsanstieg der Beutetiere zu einer entsprechenden relativ vermehrten Sterblichkeit durch Vögel führt. Schon Tothill beobachtete während vieler Jahre die Nesterzahl von *Hyphantria cunea* (Drury) entlang einer Straße und stellte fest, daß der prozentuale Anteil der von Vögeln zerstörten Nester sogleich zurückging, wenn der Bestand des Weißen Bärenspinners anstieg (120). Tinbergen (119) und Betts (6) haben sehr sorgfältige Beobachtungen darüber angestellt und zum Teil erhebliche Verluste der Insekten durch Meisen nachgewiesen, wobei aber der Wirkungskoeffizient der Vögel in bezug auf eine einzelne Art bei deren Vermehrung ebenfalls abnahm. — Andererseits liegen auch gegenteilige Befunde vor. So fand Gibb (43 a), daß Meisen als Feinde des Kiefernzapfenwicklers *(Ernarmonia conicolana* [Heyl.]) dichteabhängig einwirken. Beim Eichenwickler (*Tortrix viridana* L.) und bei einigen Frostspannerarten deuten neuere Beobachtungen darauf hin, daß auf Versuchsflächen mit zusätzlicher Ansiedlung von Höhlenbrütern die Wirkung des Vogelfraßes bis zu einer mittleren Raupendichte zunimmt, bei stärkeren Übervermehrungen jedoch wieder zurückgeht (107). Dies wird so erklärt, daß bei geringer Befallsdichte die Raupen versteckt fressen, bei höherer teilweise exponierter, bei sehr hoher Dichte jedoch den Nahrungsbedarf der Vögel derart übersteigen, daß die prozentualen Verluste durch Vögel wieder zurückgehen. Wir hätten somit eine nur bis zu einer gewissen Populationshöhe gültige dichteabhängige Räuberwirkung, die charakteristischerweise durch intraspezifische Konkurrenz um geschützte Mikrohabitate ermöglicht wird, bei Überangebot aber nachläßt. Weitere Forschungen werden hier anzuknüpfen haben. Die meisten der vorliegenden Erfolgskontrollen nach künstlicher Ansiedlung oder Schonung von Insektenfressern entbehren noch endgültiger Beweiskraft, da die gleichzeitige Gradationsanalyse am Schadinsekt fehlt oder nicht kritisch genug geführt worden ist (z. B. 46, 51, 53, 69). Richtigstellungen waren daher unvermeidlich (35, 36, 43, 108, 109).

Trotzdem machen die von Appel & Schwartz (1) u. a. (39) auf Vogelschutzflächen beobachteten, gegenüber der Umgebung geringeren Fraßschäden durch Raupen den Eindruck örtlicher Erfolge. Besonders beweisend sind die 33jährigen Versuche der Vogelschutzstation Steckby. Hier wurde durch alljährliche Kontrolle der Kiefernspanner-Puppen (*Bupalus piniarius* [L.]) gezeigt, wie in benachbarten Kiefernwäldern ohne Vogelansiedlung in dieser Zeit viermal Übervermehrungen vorkamen, während der Schädling im Versuchsgebiet gleichzeitig immer nur ganz geringfügig zunahm (54 a).

Außerdem gibt es zu denken, daß nach Beobachtungen der Populationsgenetiker (58) Vögel in neuerdings durch Industrieeinwirkung nachgedunkelten Biotopen binnen weniger Jahrzehnte melanistische Mutationen ihrer Beutetiere (Lepidoptera) herausselektionieren können, indem sie von den hellen Individuen viel mehr fangen als von den dunklen. In diesen Fällen sind also Vögel tatsächlich bedeutsame Sterblichkeitsfaktoren. — Wenn die im vorstehenden erwähnten, zumeist für natürliche Vogelpopulationen entwickelten Kontrollverfahren verwendet und andere, bei künstlicher Bestandssteigerung bisher noch zu selten benutzte Methoden ausgebaut werden, besteht Aussicht, trotz der Kompliziertheit des Problems doch zu klaren Versuchsergebnissen zu kommen.

Wenn somit vor übertriebenen Hoffnungen auf praktische Erfolge durch Vogelschutzmaßnahmen gewarnt werden muß, ergeben sich doch einige Gesichtspunkte, die dafür sprechen, die Forschungen über einen vorbeugenden Einsatz der Vögel zu verstärken:

a) Vögel lassen sich, im Gegensatz zu vielen anderen polyphagen Prädatoren, relativ leicht auch in wirtschaftlich genutzten Landschaften ansiedeln bzw. vermehren.

b) Jede Bereicherung der Lebewelt trägt gerade in armen Wirtschaftswäldern zur Abpufferung der Dynamik einzelner Arten innerhalb der Biozönose bei.

c) Was den Vögeln an Vermehrungskraft gegenüber ihren Beutetieren fehlt, können sie zum Teil durch Verhaltensänderungen (Spezialisierung, Zusammenscharung) ausgleichen.

d) Vögel tragen zu der Ausbreitung von Insektenkrankheiten bei und beeinflussen hierdurch, zusätzlich zu ihrer direkten Wirkung als Räuber, indirekt die Sterblichkeit mancher Schadinsekten (38) (vgl. 3, a, bb).

e) Auch kleine Verluste durch Vögel können den Gang einer Massenvermehrung beeinflussen, besonders dann, wenn diese nach dem Zusammenbruch oder während der Latenzperiode der Insekten, also in Zeiten hoher allgemeiner Sterblichkeit, einwirken (35, 71, 79, 80, 126).

Es muß sich noch erweisen, mit welchen Mitteln, an welchem Standort und bei welchen Wirtschaftsformen sich die genannten günstigen Eigenschaften der Vögel im Sinne einer biologischen Bekämpfung vorbeugenden Charakters verwenden lassen. Daß sie im Sinne des kulturellen Pflanzenschutzes, also einer unspezifischen Stabilisierung der Biozönose, erwünscht sind, dürfte unbestritten sein.

Literatur zu 6, c

1. Appel, O., & M. Schwartz, Die Bedeutung des Vogelschutzes für den Pflanzenschutz. Nachrbl. dtsch. Pflschutzd. Berlin, *1*, 49—50, 1921.

2. Baer, W.: Die Bedeutung der insektenfressenden Vögel für die Forstwirtschaft. Aus der Natur (9—11), Tharandt 1915. — 3. Bau, A.: in: 5. Aufl. von C. G. Friderich, Naturgeschichte d. deutschen Vögel. Stuttgart 1905. — 4. Berlepsch, H. v.: Die Vogelschutzfrage, ihre Begründung und Ausführung. Jhb. Dtsch. Landw. Ges., *22*, 130—156, 1907. — 5. Berlepsch, H. v.: Der gesamte Vogelschutz. 12. Aufl. Neudamm, 1929. — 6. Betts, M. M.: The food of titmice in oak woodland. J. Anim. Ecol., *24*, 282—323, 1955. — 7. Blagosklonov, K. N.: Protection and Attraction of Birds Useful in Agriculture. Ed. 3, Ministerstvo Proveščenija RSFSR (Moskau), 259 pp., 1956 (Orig. russ.). — 8. Blunck, H.: Der Massenwechsel der Insekten und seine Ursachen. 4. Wandervers. Deutsch. Entom. (Kiel, 1930) Berlin, 19—41, 1930. — 9. Brian, M. V., & A. D. Brian: Bird predation of defoliating caterpillars. Scott. Naturalist, *62*, 88—92, 1950. — 10. Brower, A. E.: Predatory checks, especially birds, on the birch leaf-mining sawfly, *Phyllotoma nemorata* Fallen. J. econ. Ent., *27*, 342—344, 1934. — 11. Bruns, H.: Behandlung von Vogelnistkästen mit Kontaktinsekti-

ziden und ihre Auswirkung auf Hornissen, Wespen und Vögel. Anz. Schädlkde., *26*, 182—185, 1953. — **12.** Bruns, H.: Untersuchungen über die selektive Nahrungswahl der Vögel. Ornith. Mitt. Stuttgart, *6*, 130—133, 1954. — **13.** Bruns, H.: Neue Ergebnisse und Erkenntnisse im forstlichen Vogelschutz. Waldhygiene, *1*, 10—22, 1954. — **14.** Bruns, H.: Internationale Konferenz über die Auswirkungen moderner Insektizide auf Säugetiere, Vögel und Insekten. Anz. Schädlkde., *28*, 25—28, 1955. — **15.** Bruns, H.: Fortschritte im forstlichen Vogelschutz. Anz. Schädlkde., *28*, 51—57, 1955. — **16.** Bruns, H.: Rationalisierung im forstlichen Vogelschutz. Allg. Forstz., *10*, 577—578, 1955. — **17.** Bruns, H.: Vorläufige Ergebnisse von Vogelansiedlungsversuchen in süd-, mittel- und norddeutschen Buchenwirtschaftswäldern. Allg. Forstz., *11*, 324—328, 1956. — **18.** Bruns, H.: Versuche zur Steigerung der Siedlungsdichte der Vögel in Eichen- und Eichenmischwäldern. Waldhygiene, *1*, 220—226, 1956. — **19.** Bruns, H.: In welchem Umfang läßt sich die Siedlungsdichte der Vögel in Kiefernforsten steigern? Allg. Forstz., *12*, 149—151, 1957. — **20.** Bruns, H.: Untersuchungen zur Siedlungsdichte der Vögel in Fichtenwäldern. Ornith. Mitt. Stuttgart, *9*, 241—254, 1957. — **21.** Bruns, H.: Untersuchungen über die Annahme von Nistgeräten mit und ohne Marderschutzvorrichtungen durch höhlenbrütende Singvögel. Ornith. Mitt. Stuttgart, *9*, 24—26, 1957. — **22.** Bruns, H.: Beiträge zur Kenntnis der wissenschaftlichen Grundlagen und zur Methodik des Vogelschutzes in der Forstwirtschaft. Waldhygiene, *2*, 4—30, 1957. — **23.** Bruns, H.: Vogelschutz als kulturelle und wirtschaftliche Aufgabe. Natur und Landschaft, *33* (4), 1—8, 1958.

24. Cottam, C., & F. M. Uhler: Birds as a factor in controlling insect depredations. Wildlife Leafl. 224, US.-Dept. Inter., Fish and Wildlife Service, Washington D. C., 1951. — **25.** Creutz, G.: Ernährungsweise und wirtschaftliche Bedeutung des Trauerschnäppers. Anz. Schädlkde., *26*, 17—23, 1953.

26. Dowden, P. B., H. A. Jaynes & V. M. Carolin: The role of birds in a spruce budworm outbreak in Maine. J. econ. Ent., *46*, 307—312, 1953.

27. Errington, P. L.: Predation and vertrebrate populations. Quart. Rev. Biol., *21*, 144—177, 1946.

28. Forbes, S. A.: The regulative action of birds upon insect oscillations. Bull. Illinois Sta. Lab. Nat. Hist., *1* (6), 1—32, 1882. — **29.** Forbes, S. A.: The food of birds. Bull. Illinois Sta. Lab. Nat. Hist., *1* (3), 1880, 2. edit. 86—161, 1903. — **30.** Formosov, A. N., B. I. Osmolovskaja & K. N. Blagosklonov: Die Vögel und Forstschädlinge. Soc. Natural. Moscou, 181 pp., 1950 (Orig. russ.). — **31.** Frank, F.: Zur Problematik der angewandten Vogelkunde. J. Ornithol. Berlin, *97*, 110—114, 1956. — **32.** Franz, J.: Vogelwelt und Tannentriebwickler, (*Cacoecia murinana* Hb.). Allg. Forst-, Jagdztg., *116*, 252—255, 1940. — **33.** Franz, J.: Über die Zonenbildung der Insektenkalamitäten in Urwäldern. Forstw. Zentralbl., *67*, 38—48, 1948. — **34.** Franz, J.: Entomologisches zum Vogelschutz. Vogelwelt, *70*, 104—109, 1949. — **35.** Franz, J.: Gedanken eines Forstentomologen zu den Vogelschutzversuchen in Steckby. Vogelwelt, *70*, 41—44, 1949. — **36.** Franz, J.: Probleme angewandter Vogelkunde. J. Ornithol. Berlin, *95*, 111—123, 1954. — **37.** Franz, J.: Die Erfolgskontrolle in der biologischen Schädlingsbekämpfung. Allg. Forst-, Jagd-Ztg., *125*, 193—199, 1954. — **38.** Franz, J., A. Krieg & R. Langenbuch: Untersuchungen über den Einfluß der Passage durch den Darm von Raubinsekten und Vögeln auf die Infektiosität insektenpathogener Viren. Z. Pflkrankh., *62*, 721—726, 1955. — **39.** Freiberger, W.: Zur Vogelschutzfrage, insbesondere zur wissenschaftlichen Begründung des wirtschaftlichen Vogelschutzes. III. Besondere Begründung des wirtschaftlichen Vogelschutzes. Allg. Forst-, Jagd-Ztg., *103*, 19—30, 49—63, 92—115, 1927. — **40.** Frohawk, F. W.: Birds beneficial to agriculture. Brit. Mus. (Nat. Hist.) Econ. Ser., *9*, 1919.

41. Gasow, H.: Vogelschutz als Tierschutz, Naturschutz und Schädlingsbekämpfung. Stuttgart 1936 (2. Aufl. 1944). — **42.** Gebhardt, E.: Europäische Vögel in überseeischen Ländern. Bonner zool. Beitr., *10*, 310—342, 1959. — **43.** Gersdorf, E.: Rebhühner und Kartoffelkäfer! Anz. Schädlkde., *28*, 21—22, 1955. — **43 a.** Gibb, J. A.: Predation by tits and squirrels on the Eucosmid *Ernarmonia conicolana* (Heyl.). J. Anim. Ecol., *27*, 375—396, 1958. — **44.** Glasewald, K.: Vogelschutz und Vogelhege. Neumann-Neudamm, 1937.

45. Haartman, L. v.: Der Trauerfliegenschnäpper. III. Die Nahrungsbiologie. Acta Zool. Fenn., *83*, 1—96, 1954. — **46.** Hähnle, H.: Das Schutzgebiet Behr-Steckby (Anhalt) des Reichsbundes für Vogelschutz. Veröff. Württ. Landesst. Natursch., (12), 167—183, 1936. — **47.** Hähnle, H.: Das Schutzgebiet Behr, Steckby (Anhalt) des Bundes für Vogelschutz e. V. Stuttgart. Sonderdruck 20 pp., 1947. — **48.** Haller, W.: Naturschutz und Vogelschutz. Die Vögel der Heimat, *18*, 150—163, 1948. — **49.** Hennicke, C. R.: Handbuch des Vogelschutzes. Magdeburg 1912. — **50.** Hensley, M. M., & J. B. Cope: Further data on the removal and repopulation of the breeding birds in a spruce-fir forest community. Auk, *68*, 483—493, 1951. — **51.** Henze, O.: Neue Gedanken und Erfolge auf dem Gebiete des

Vogelschutzes zur forstlichen Schädlingsbekämpfung. Dtsch. Forstbeamt.ztg., *1*, 224—226, 1935. — **52.** Henze, O.: Vogelschutz gegen Insektenschaden in der Forstwirtschaft. 292 pp., München 1943. — **53.** Henze, O.: Das Ende der Eichenwicklersorgen. Allg. Forstz., *7*, 531—533, 1952. — **54.** Henze, O.: Kontrollbuch für Vogelnistkästen und Nisthöhlen in der Forstwirtschaft. Selbstverl. d. Verf., Garmisch-Partenkirchen, 3. Aufl., 135 pp., 1958. — **54a.** Herberg, M.: Drei Jahrzehnte Vogelhege zur Niederhaltung waldschädlicher Insekten durch die Ansiedlung von Höhlenbrütern. Arch. Forstwesen, *9*, 1960. — **55.** Homeyer, E. v.: Über den aschgrauen Kuckuck. Naumannia, *1*, 14—16, 1849.

56. Imms, A. D.: The biological control of insect pests and injurious plants in the Hawaiian Islands. Ann. Appl. Biol., *13*, 416, 1926.

57. Kendeigh, S. C.: Bird population studies in the coniferous forest biome during a spruce budworm outbreak. Dept. Lands and Forests, Ontario, Biol. Bull. (1), 1947. — **58.** Kettlewell, H. B. D.: New aspects for the genetic control of industrial melanism in the Lepidoptera. Nature, *183*, 918—921, 1959. — **59.** Kluyver, H. N.: Contribution to the biology and the ecology of the starling *(Sturnus v. vulgaris* L.) during its productive period. Med. Plantenziekt. Dienst (69), Wageningen, 1933. — **60.** Kluyver, H. N.: Over de beteekenis van den spreeuw als veredelger van schadelijke insecten. Vakblad voor Biologen, *16*, 17—22, 1934. — **61.** Kluyver, H. N.: Bescherming van nuttige Vogels. Med. Plantenziekt. Dienst, *17*, 5, 1936. — **62.** Kluyver, H. N.: Daily routines of the Great Tit, *Parus m. major* L. Ardea, *38*, 99—135, 1950. — **63.** Kluyver, H. N.: Die biologische Schädlingsbekämpfung durch Vögel. in: Festschr. Einweihung Nordrhein.-Westfäl. Vogelwarte Essen-Altenhundem, 27—31, 1954. — **64.** Knight, F. B.: The effects of woodpeckers on populations of the Engelmann spruce beetle. J. econ. Ent., *51*, 603—607, 1958. — **65.** Koersveld, E. van: Difficulties in stomach analysis. Proc. 10. Int. Congr. Ornith. Upsala-Stockholm, 592—594, 1950. — **66.** Komárek, J.: Insektenmassenvermehrungen und der Vogelschutz. Anz. Schädlkde., *1*, 109—111, 1925. — **67.** Korol'kova, G. E.: Die Bedeutung der Vögel bei der Vernichtung von in Massen auftretenden Schadinsekten. Soobšč. Inst. Lesa, *2*, 65—106, 1954 (Orig. russisch).

68. Lack, D.: The Natural Regulation of Animal Numbers. 343 pp. Oxford, Clarendon Press, 1954. — **69.** Lindemann, W.: Die Verminderung des Kartoffelkäferbefalls durch die Rebhühner in Schwarzenfeld/Oberpfalz. Anz. Schädlkde., *27*, 138—140, 1954. — **70.** Löhrl, H.: Möglichkeiten und Grenzen des Vogelschutzes — als natürliche Schädlingsbekämpfung — im Obstbau. Ornith. Mitt., Stuttgart, *6*, 126—129, 1954. — **71.** Löhrl, H.: Merkwürdiges Ende des Evidenzbestandes einer Eichenwickler-Population *(Tortrix viridana)*. Anz. Schädlkde., *28*, 5—7, 1955.

72. Mansfeld, K.: Über die Ernährung insektenfressender Vögel bei einer Massenvermehrung des Eichenwicklers und Großen Frostspanners. Vogelwelt, *63*, 170—174, 1938. — **73.** Mansfeld, K.: Künstliche Nistplätze für Strauchbrüter. Vogelwelt, *64*, 49—50, 1939. — **74.** Mansfeld, K.: Probleme des Vogelschutzes im Wirtschaftswald. Nachrbl. dtsch. Pflschutzd. (Berlin), *3*, 47—50, 1949. — **75.** Mauersberger, G.: Umsiedlungsversuche am Trauerschnäpper *(Muscicapa hypoleuca)*, durchgeführt in der Sowjetunion. Ein Sammelreferat. J. Ornithol., Berlin, *98*, 445—447, 1957. — **76.** McAtee, W. L.: Local suppressions of agricultural pests by birds. Ann. Rpt. Smithsonian Inst. f. 1920, 411—438, 1922. — **77.** McAtee, W. L.: The role of vertebrates in the control of insect pests. Ann. Rpt. Smithsonian Inst. f. 1925, 415—437, 1926. — **78.** Mitchell, R. T.: Consumption of spruce budworms by birds in a Maine spruce-fir forest. J. Forestry *50*, 387—389, 1952. — **79.** Morris, R. F.: The interpretation of mortality data in studies on population dynamics. Canad. Entomologist, *89*, 49—69, 1957. — **80.** Morris, R. F., W. F. Cheshire, C. A. Miller & D. G. Mott: The numerical response of avian and mammalian predators during a gradation of the spruce budworm. Ecology, *39*, 487—494, 1958.

81. Ognev, S. I.: Ökologie der Säugetiere. 252 pp. Moskau 1951 (Orig. russisch).

82. Palmer, T. S.: The danger of introducing noxious animals and birds. Yearb. US.-Dept. Agric. (1898) 86—110, 1899. — **83.** Palmgren, P.: Quantitative Untersuchungen über die Vogelfauna in den Wäldern Südfinnlands, mit besonderer Berücksichtigung Ålands. Acta Zool. Fenn., *7*, 1—218, 1930. — **84.** Palmgren, P.: Nahrungsmilieu und Nahrung von Vögeln in quantitativem Vergleich. Naturwissenschaften, *26*, 665—672, 1938. — **85.** Perkins, R. C. L., & O. H. Swezey: The introduction into Hawaii of insects that attack *Lantana*. Bull. Exp. Sta. Hawaiian S. Pl. Ass., Ent. Ser., Bull., *16*, 1—2, 1924. — **86.** Pfeifer, S.: Vorläufiger Bericht über Versuche zur Steigerung der Siedlungsdichte höhlen- und buschbrütender Vogelarten auf forstlicher Kleinfläche. Biol. Abh., *6*, 1—20, 1953. — **87.** Pfeifer, S.: Experimentelle Untersuchungen und Freilandbeobachtungen zur Feststellung der Vertilgung des Kartoffelkäfers *(Leptinotarsa decemlineata* Say.) durch mitteleuropäische Vogel-

arten. Z. angew. Ent., *37*, 447—461, 1955. — **88.** Pfeifer, S.: Ergebnisse zweier Versuche zur Steigerung der Siedlungsdichte der Vögel auf forstlicher Kleinfläche und benachbarter Großfläche. Waldhygiene, *1*, 76—78, 1955. — **89.** Pfeifer, S.: Neue Erkenntnisse über die Bedeutung der Vögel im biologischen Forstschutz. 24 pp. Selbstverl. Vogelschutzwarte Frankfurt/M.-Fechenheim, 1957. — **90.** Pfeifer, S.: Taschenbuch für Vogelschutz. 196 pp., W. Limpert Verl. Frankfurt, 1957. — **90 a.** Pfeifer, S., & W. Keil: Versuche zur Steigerung der Siedlungsdichte höhlen- und freibrütender Vogelarten und ernährungsbiologische Untersuchungen an Nestlingen einiger Singvogelarten in einem Schadgebiet des Eichenwicklers (*Tortrix viridana* L.) im Osten von Frankfurt am Main. Biol. Abh. (15/16) 52 pp., 1958. — **91.** Pfeifer, S., & K. Ruppert: Vorläufiger Bericht über Untersuchungen zur biologischen Bekämpfung des Eichenwicklers. Gesunde Pflanzen, *5*, 221—224, 1953. — **92.** Posnanin, L. P. (edit.): Wege und Methoden der Ausnutzung der Vögel im Kampfe gegen schädliche Insekten. Moskau, 137—138, 1956 (Orig. russisch). — **93.** Promptov, A., & E. Lukina: Experimente zur Erforschung der Ernährungsbiologie der Kohlmeise (*Parus major* L.) zur Brutzeit. Zool. Ž., *17*, 777—782, 1938 (Orig. russisch). — **94.** Przygodda, W.: Pflanzenschutzmittel und Vogelwelt mit Berücksichtigung der übrigen freilebenden Tierwelt. Biol. Abh. (12), 1—33, 1955. — **95.** Przygodda, W.: Auswirkungen einer Maikäferbekämpfung mit Dieldrin auf den Vogelbestand und die Einwirkung von E 605 forte auf Jungvögel (Nestlinge). Ornith. Mitt., Stuttgart, *9*, 67—78, 1957.

96. Reh, L.: Einige Bemerkungen zur Vogelschutzfrage. Naturw. Wschr. N.F., *6*, 577—583, 1907. — **97.** Rjabov, V. F. (edit): Anlockung und Übersiedlung der nützlichen insektenfressenden Vögel in die Feldschutzstreifen der Steppe und Waldsteppe. Arb. d. Konf. v. 25.—27. Nov. 1952. Hauptverw. f. Reservationen, Landwirtschaftsministerium d. UdSSR, Moskau, 172 pp., 1954 (Orig. russ.). — **98.** Roehr, H.: Tagschmetterlinge als Vorzugsnahrung einiger Singvögel. J. Ornithol., Berlin, *98*, 416—420, 1957. — **99.** Rörig, G.: Studien über die wirtschaftliche Bedeutung der insektenfressenden Vögel. Untersuchungen über die Nahrung unserer heimischen Vögel, mit besonderer Berücksichtigung der Tag- und Nachtraubvögel. Arb. Biol. Abt. Kais. Gesundh.-Amtes, *4*, 1—120, 1903. — **100.** Rörig, G.: Die wirtschaftliche Bedeutung der Vogelwelt als Grundlage des Vogelschutzes. Mitt. Kais. Biol. Anst. Land- u. Forstwirtsch., Berlin, H. 9, 1910. — **101.** Rörig, G.: Vogelschutz mit besonderer Berücksichtigung der insektenfressenden Vögel. Flugschr. (11) d. Dtsch. Landw. Ges. Berlin 1910. — **102.** Rörig, G.: Vogelschutz. Flugbl. (67) Biol. Reichsanst., Berlin 1922. — **103.** Rudd, R. L., & R. E. Genelly: Pesticides: Their use and toxicity in relation to wildlife. State of Calif., Dept. Fish and Game, Game Managm. Branch, Bull. (7), 209 pp., 1956. — **104.** Ruppert, K., & R. Langer: Ist biologische Schädlingsbekämpfung des Eichenwicklers und seiner Schadgesellschaft möglich? Forsttechn. Inform. (5) 29—38, 1957.

105. Schnurre, O.: Ketzerisches zum Vogelschutz. J. Ornithol., Berlin, *57*, 242—246, 1929. — **106.** Schütte, F.: Eichenwickler, Waldameisen und Vögel. Waldhygiene, *1*, 215—219, 1956. — **107.** Schütte, F.: Vogelschutz und Eichenwickler. Anz. Schädlkde., *33*, 33—41, 1960. — **108.** Schwerdtfeger, F.: Nachgewiesenermaßen Ende der Eichenwicklersorgen durch Vogelschutz? Allg. Forstz., *8*, 81—83, 1953. — **109.** Schwerdtfeger, F.: Die Waldkrankheiten. 2. Aufl., 485 pp., Paul Parey, Hamburg/Berlin, 1957. — **110.** Šilova-Krassova, S. A.: Über die Tätigkeit insektenfressender Vögel an den Orten der Massenvermehrung schädlicher Waldinsekten. Zool. Ž., *32*, 955—963, 1953 (Orig. russisch). — **110 a.** Speyer, W., & H. Gasow: Vogelschutz und Vogelabwehr. Flugbl. (14), Biol. Bundesanst. f. Land- u. Forstw., 4. Aufl., 12 pp., 1959. — **111.** Stein, W.: Biocoenologische Untersuchungen über den Einfluß verstärkter Vogelansiedlung auf die Insektenfauna eines Eichen-Hainbuchen-Waldes. Dissertationen Math.-Naturwiss. Fak. Univ. Münster (12), Zusammenfassg. 40—41, 1957. — **112.** Steinfatt, O.: Einige vorläufige Mitteilungen über Ansiedlungsversuche von höhlenbrütenden Vögeln in ostpreußischen Wäldern. Vogelwelt, *63*, 22—24, 1938. — **113.** Steinfatt, O.: Die Beziehungen zwischen Vogelwelt und Nonne in der Rominter Heide anläßlich der letzten Massenvermehrung. Die Nonne in Ostpreußen. Monogr. angew. Ent. Berlin, Nr. 15, 405—477, 1942. — **114.** Strickland, E. H.: Can birds hold injurious insects in check. Sci. Monthly, *26*, 48—56, 1928. — **115.** Sweetman, H. L.: The Principles of Biological Control. Wm. C. Brown Comp., Dubuque, Iowa, 560 pp., 1958. — **116.** Szijj, J.: Angaben zur Methodik der Ernährungsuntersuchungen an Vögeln, mit besonderer Rücksicht auf die Bestimmung deren landwirtschaftlicher Bedeutung. Ann. Inst. Prot. Plant. Hung., *7*, 77—90, 1957 (Orig. ungar.).

117. Theobald, F. V.: Economic ornithology in relation to agriculture, horticulture, and forestry. Science Progr. (6), 1907. — **118.** Timberlake, P. H.: Biological control of insect pests in the Hawaiian Islands. Proc. Hawaiian Ent. Soc., *6*, 547, 1927. — **119.** Tinbergen, L. van: Bosvogels en insecten. Nederl. Boschbouwt., *21*, 91—105, 1949. — **120.** Tothill,

J. D.: The natural control of the fall webworm *(Hyphantria cunea* Drury) in Canada together with an account of its several parasites. Domin. of Canada, Dept. Agric., Bull. 3, N. S. 107 pp., 1922. — **121.** Turček, F.: The bird-population in some deciduous forests during a gypsy-moth outbreak. Bull. Inst. For. Res. Czech. Rep., *3*, 108—131, 1949 (Orig. tschech.). — **122.** Turček. F. J.: Die Vögel bei der Vermehrung der Eichenwickler in den Wäldern des mittleren Gran-Tales. Biologia, *10*, 1955. — **123.** Turček, F. J.: Über die Vernichtung einiger Samenschädlinge durch Meisen. Waldhygiene, *2*, 1—3, 1957. — **123 a.** Turček, F. J.: Zönologische Arbeitsmethoden für Wirbeltiere. In: J. Balogh, Lebensgemeinschaft der Landtiere. Verl. Ung. Akad. Wiss., Budapest, 418—449, 1958.

124. Uttendörfer, O.: Die Ernährung der deutschen Raubvögel und Eulen. Neudamm, 1939. — **125.** Uttendörfer, O.: Neue Ergebnisse über die Ernährung der Greifvögel und Eulen. (Mit Ergänzungen von G. Bodenstein u. R. Kuhk.) Verl. Ulmer, Stuttgart, 230 pp., 1952.

126. Vietinghoff-Riesch, A. v.: Kieferneule und Vogelwelt. Anz. Schädlkde., *1*, 8—10, 1925. — **127.** Vietinghoff-Riesch, A. v.: Das Verhalten paläarktischer Vögel gegenüber den wichtigeren forstschädlichen Insekten. Z. angew. Ent., *10*, 1—55, 327—352, 1924; *11*, 247—254, 1925; *13*, 483—512, 1928. — **128.** Vietinghoff-Riesch, A. v.: Betrachtungen zum Vogelschutz und zur Frage der Krisenfestigung unserer Wälder. Allg. Forstz., *8*, 209—210, 1953. — **129.** Vietinghoff-Riesch, A. v.: Der Vogel im Landschaftsgefüge. Anz. Schädlkde., *28*, 150—152, 1955. — **130.** Voûte, A. D.: Zur Frage der Regulierung der Insekten-Populationsdichte durch räuberische Tiere. Z. angew. Ent., *33*, 47—52, 1952.

131. Wellenstein, G.: Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes von Krankheitserregern, Nutzinsekten und Vögeln im praktischen Forstschutz. Forstw. Zbl., *78*, 150—166, 1959. — **131 a.** Wolff, M., & A. Krausse: Zur Vogelschutzfrage. Z. Forst-, Jagdwesen, *54*, 616—636, 1922.

132. Zimmermann, E. C.: Insects of Hawaii. Vol. I, University of Hawaii Press, 206 pp., 1948. — **133.** Zverev, M. D.: Studium der Ernährung der Vögel auf experimentellem Weg und durch Direktbeobachtung. Tr. Almatinsk. Zooparka, 5—54, 1948 (Orig. russisch).

d) Säugetiere

Auch bei den Säugetieren sind nur wenige Fälle bekannt, in denen die Einführung und Einbürgerung ausländischer Arten zur biologischen Bekämpfung von Schädlingen versucht wurde; in der Hauptsache handelt es sich auch bei ihnen nur um die Begünstigung einheimischer Tiere, in Mitteleuropa z. B. der Insektenfresser (Maulwurf, Igel, Spitzmäuse) und der Fledermäuse, auch kleinerer nagetiervertilgender Raubtiere, wie der Wiesel, oder des Schwarzwildes, das durch die Vertilgung forstschädlicher Insekten, wie Engerlinge, Kiefernspanner- und Forleulenpuppen, nützlich wird. Da Wildschweine bei einer Übervermehrung der Kieferngespinstblattwespe (*Acantholyda nemoralis* [Thoms.]) in Polen bis zu 80 % der im Boden befindlichen Stadien vernichteten, wurde sogar die Entwicklung von Ködern zum Anlocken von Schwarzwild vorgeschlagen (7). Für alle diese Säugetiere lassen sich andere Maßnahmen außer der Schonung jedoch kaum durchführen; nur für die Fledermäuse ist wiederholt künstliche Ansiedlung und Vermehrung des Bestandes durch Schaffung von Schlupfwinkeln empfohlen (11, 12) und in einigen Fällen auch praktisch versucht worden. So wurden in Texas zur Bekämpfung malariaübertragender Mücken Fledermaustürme errichtet (2); 12 m hohe Holzpyramiden, die auf vier Holzpfeilern ruhten und deren vier Seiten durch waagerechte Öffnungen geteilt waren, so daß sie einer halbgeöffneten Jalousie glichen. Der Turm wurde zwar von Fledermäusen besiedelt; da die betreffende Art *(Tadarida mexicana)* nach Storer (13) keine Mücken frißt, dürfte ein praktischer Erfolg nicht vorliegen. Ein in Rom durchgeführter ähnlicher Versuch verlief auch ergebnislos (4); in der Nähe des Forum Trajanum, in dessen Ruinen sich eine große Zahl von Fledermäusen aufhalten, wurde ein Fledermausturm errichtet, der aber nie besiedelt wurde, da die Fledermäuse, wie Hackett sagt, bereits den unter den örtlichen Bedingungen möglichen Höchstbestand erreicht hatten. Im Yakima-Tal (Washington, USA) wurden zur Bekämpfung des Apfelwicklers (*Carpocapsa pomonella* [L.]) 500 Fledermäuse auf einem Obstgut angesiedelt und Fledermaustürme eingerichtet (9); der Obstmadenbefall soll durch die Tätigkeit der Fledermäuse von 30 % befallener Früchte im Jahre 1924 auf 2 Äpfel im Jahre 1927 zurückgegangen sein. Nach Eisentraut (3) sind auch in Deutschland verschiedentlich Fledermaustürme errichtet oder alte Schornsteine usw. für diesen Zweck umgebaut worden. Nur in

einem Fall (Boschhof bei Beuerberg) scheint das Versteck angenommen worden zu sein. Günstiger beurteilt dieser Gewährsmann den Umbau und Schutz bereits von Fledermäusen besiedelter Örtlichkeiten. Mehrfach wurde die Eignung von Fledermäusen im Forstschutz herausgestellt, da sie als Insektenfresser, die zumeist bei Dunkelheit jagen, die tagaktiven Nutzinsekten verschonen und die in der Dunkelheit schwärmenden Schädlinge bevorzugt erbeuten sollen (1, 14). Neuerdings bemüht man sich darum, die ökologischen Ansprüche zu klären, welche die verschiedenen Fledermausarten an Brut- und Überwinterungshöhlen stellen, da bisherige Ansiedlungsversuche offenbar zumeist von falschen Voraussetzungen ausgingen und da der Mangel an hohlen Bäumen und sonstigen Verstecken sicher die Hauptursache für den Rückgang der Fledermäuse darstellt (8). Ein neu entwickelter Brutkasten hat unterständigen Einflug, schützt vor Raubzeug und eignet sich nicht für Vogelbruten (6). Untersuchungen über den Einfluß der Fledermäuse auf die Gradation von Schadinsekten fehlen noch vollkommen.

Ein Beispiel für die Einbürgerung einer fremden Säugetierart ist der Mungo (*Mungos mungo* Gm.). 1872 wurden einige Exemplare von Indien nach Jamaica zur Bekämpfung der Rattenplage in Zuckerrohrplantagen eingeführt; sie vermehrten sich stark, breiteten sich über alle Teile der Insel aus und führten in wenigen Jahren eine erhebliche Verminderung der Ratten herbei. Mit der Abnahme der Ratten wurden aber die zahlreichen Mungos selbst zu Schädlingen, die junge Haustiere, Geflügel, einheimische Säugetiere und bodenbrütende Vögel, Amphibien und Reptilien fraßen; die Verminderung insektenfressender Vögel, Schlangen und Eidechsen hatte die Zunahme von Schadinsekten zur Folge (10). Ebenso verlief auch die Einbürgerung der Mungos auf Hawaii (10) und Trinidad (5), wo sie ebenfalls nach Vertilgung der Ratten so schädlich wurden, daß die Durchführung von Bekämpfungsmaßnahmen notwendig war.

Literatur zu 6, d

1. Altum, B.: Forstzoologie I, Säugetiere. Berlin 1872.

2. Campbell, C. A. R.: Bats, Mosquitoes and Dollars. Boston, Mass., 1925.

3. Eisentraut, M.: Die deutschen Fledermäuse. Eine biologische Studie. Monogr. d. Wildsäugetiere, *2*, 184 pp., Verl. Schöps, Leipzig, 1937.

4. Hackett, L. W.: Malaria in Europe. London, 1937. — 5. Howard, L. O.: A history of applied entomology. Smithsonian Misc. Coll., *84* (Publ. 3065), 447—448, 1930.

6. Issel, B. & W.: Versuche zur Ansiedlung von „Waldfledermäusen" in Fledermauskästen. Forstwiss. Zbl., *74*, 193—204, 1955.

7. Koehler, W.: Prospects of utilising the wild boar within the limits of the biological method. Roczn. Nauk lésn., *4*, 125—140, 1954 (Orig. polnisch).

8. Löhrl, H.: Fledermaus--Schutz als Beitrag zur biologischen Schädlingsbekämpfung. Allg. Forstz., *9*, 508—509, 1954.

9. Miller, J. M.: New tactics suggested in moth war. Better Fruit, *22*, 9—10, Portland, Ore., 1927.

10. Palmer, T. S.: The danger of introducing noxious animals and birds. Yearbook US-Dept. Agric. for 1898, 86—110, 1899.

11. Rörig, G.: Tierwelt und Landwirtschaft. Stuttgart 1906 (S. 59—60).

12. Schoevers, T. A. C.: Vleer-Mausbescherming. T. Plantenziekten, *20*, 44—46, 1914.

13. Storer, T.: Bats, Bat-Towers and Mosquitos. J. Mamm., *7*, 85—90, 1926.

14. Zwölfer, W.: Biologische und chemische Schädlingsbekämpfung vom Standpunkt des Forstschutzes gesehen. Allg. Forstz., *8*, 549—552, 1953.

e) Haustiere

Die Verwendung von Haustieren zur Verminderung von Schadorganismen ist etwas grundsätzlich anderes als die Nutzung freilebender Tiere. Auch bei der Überschwem-

mungsmethode, dem „unnatürlichsten" aller biologischen Verfahren (vgl. S. 233), muß sich die Nützlingsbevölkerung nach der Freilassung allein mit der Umwelt auseinandersetzen. Haustiere dienen dagegen nur kurzfristig den menschlichen Wünschen bei der Schädlingsbekämpfung und benötigen zusätzlich immer wieder Schutz und Nahrung. Ihre Tätigkeit könnte zumeist durch die von Schulkindern ersetzt werden, die im Gelände Schädlinge sammeln oder Unkräuter auszupfen, so daß wir hier an die Grenze von mechanischer und biologischer Bekämpfung kommen. Dieser Abschnitt wird daher auf das Allerwichtigste beschränkt.

Noch am wenigsten dem mechanischen Aufsammeln ähnelt die Tätigkeit von Hauskatzen, zugleich wohl das älteste Beispiel einer biologischen Bekämpfung überhaupt (s. S. 4). Ihr Nutzen ist unbestritten, vor allem in Gehöften und Siedlungen (8, 13). Nicht immer läßt sich allerdings intensiver Vogelschutz mit Katzenhaltung vereinen.

Der Schweineeintrieb hat im Forstschutz gegen Insekten mit Ruhestadien im Boden, wie z. B. gegen Forleule (*Panolis flammea* [Schiff.]), Kiefernspanner (*Bupalus piniarius* [L.]) und Kiefernblattwespe (*Diprion pini* [L.]), früher eine wichtige Rolle gespielt (Lit. bei 9, 17).

In extensiv bewirtschafteten Gebieten mag auch heute noch dieses Verfahren für kleine Bauernwälder lohnen, falls an Weidegang gewöhnte Schweinerassen zur Verfügung stehen. Man rechnet mit 1 ha Tagesleistung von 100 sorgfältig gehüteten Tieren und, unter günstigen Bedingungen, mit 60—90%iger Reduktion der vorhandenen Schadinsekten.

Die Haltung von Schafen kann nach Rademacher (15) im Pflanzenschutz wertvoll werden. Genannt werden die Beseitigung von Infektionsmaterial pilzlicher Krankheiten an Kulturpflanzen (*Cercospora* an Rüben, *Sclerotinia trifolium* an Klee) und die Störung, bei eingepferchten Schafherden sogar teilweise Abtötung von Engerlingen, Tipuliden u. a. Bodenschädlingen. Gegen Kartoffelkäfer (*Leptinotarsa decemlineata* [Say]) sind sie indirekt nützlich, da gedüngte Felder wüchsigere Pflanzen haben und daher bei gleichem Käferbesatz weniger Schäden zeigen (12). Durch Beweiden von Dämmen tragen Schafe in Holland zur Minderung des Feldmaus-Befalls bei (8), und in Kalifornien halfen sie bei der biologischen Bekämpfung von Mückenlarven durch Gambusien (s. S. 263), indem sie die Ufervegetation kurz hielten und dadurch die Verstecke für Mückenlarven beseitigten (7).

Die Verwendung von Haushühnern und Puten ist in Wald und Feld mehrfach erprobt worden, z. B. zur Vertilgung von Forstschädlingspuppen und Rübenderbrüßlern (*Cleonus punctiventris* [Germ.]). Zur rationellen Nutzung benötigt man den sog. Hühnerwagen, einen fahrbaren Stall, der Schutz bietet und bei dem zusätzlich gefüttert werden muß (6, 10). Während Erfolgsberichte vom Einsatz z. B. gegen Rübenaaskäfer (*Blitophaga undata* Müll.) vorliegen (3), sind die Ansichten hinsichtlich der Brauchbarkeit von Haushühnern gegen Kartoffelkäfer geteilt (1, 4, 11). Offenbar nehmen einige Haushuhnrassen den Käfer und seine Larven nicht so ungern wie Wildhühner und übrige Vögel auf (Sammelreferat bei 14). Vorläufig gibt es noch keine gelungene praktische Bekämpfung von Kartoffelkäfern durch Hühner. Ganz allgemein dürfte ihr Einsatz nur dort lohnen, wo Schadinsekten in kleinen Herden auftreten und von den Hühnervögeln nicht nur gern angenommen, sondern auch ohne Schaden an den Kulturen freigescharrt werden können. Schließlich werden auch Gänse verwendet, und zwar in den Vereinigten Staaten zur Beseitigung von Unkraut in Erdbeeranlagen (16) und anderen Kulturen (5).

Wenn die Falknerei ebenfalls in diesem Kapitel mit angeführt wird, dann deswegen, weil auch abgerichtete Greifvögel nicht zur natürlichen Biozönose gehören. „Abgetragene" Habichte (*Accipiter gentilis* [L.]) und Wanderfalken (*Falco peregrinus* Tunst.) vertrieben in Ungarn mit bestem Dauererfolg verschiedene Reiherarten von Fischteichen sowie Gänse und Krähen von Feldern; sogar Turmfalken (*Falco tinnunculus* L.) ließen sich zum Verjagen von Sperlingen verwenden (2, 18).

Literatur zu 6, e

1. Auersch, O.: Zur Aufnahme von Kartoffelkäfern und ihren Larven durch Haushühner. Dtsch. Landw., *5*, 630—631, 1954.

2. Bastyai, L.: Praktische Falknerei in Ungarn. Deutscher Falkenorden (o. B.) 11—13,

1956. — 3. Blunck, H., & K. Görnitz: Lebensweise und Bekämpfung der Rübenaaskäfer. Arb. a. d. Biol. Reichsanst., *12*, 42, 1925. — 4. Bösenberg, K.: Über Fütterungsversuche an einigen Haushuhnrassen zur Frage der Aufnahme von Kartoffelkäfern *(Leptinotarsa decemlineata* Say). Nachrbl. dtsch. Pflschutzd. Berlin, N.F., *8*, 28—34, 1954.

5. Conley, C. C., & I. L. Peterson: Use of geese for grass control. Calif. Agric., Berkeley, *11* (11), 12, 1957.

6. Eckstein, K.: Die Technik des Forstschutzes gegen Tiere. 2. Aufl. Berlin, S. 202—206, 1912. — 7. Emerick, A. M.: Mosquito fish. Proc. 12th Conf. Calif. Mosq. Contr. Ass. 128—129, Berkeley, Calif., 1942.

8. Frank, F.: Grundlagen, Möglichkeiten und Methoden der Sanierung von Feldmausplagegebieten. Nachrbl. dtsch. Pflschutzd., Braunschw., *8*, 147—158, 1956.

9. Gäbler, H.: Forstschutz gegen Tiere. Neumann-Verlag, Radebeul und Berlin, 268 pp., 1955.

10. Kaufmann, O.: Die Verwendung des Hühnerwagens für Schädlingsbekämpfung. Hauptst. f. Pflanzenschutz f. d. Provinz Grenzmark und für Brandenburg rechts der Oder. Merkbl. Nr. 4, Landsberg 1924.

11. Mansfeld, K.: Ist die Vertilgung des Kartoffelkäfers durch Vögel bedeutungslos? Ornith. Mitt., Stuttgart, *6*, 134—137, 1954. — 12. Mayer, H. R., & H. Böhles: Schafe gegen Kartoffelkäfer? Pflanzenschutz, München, *5*, 135—137, 1953.

13. Peters, H.: Katzenhaltung als Funktion des Ratten- und Mäusebefalls einer Siedlung. Zur Bedeutung der Katze bei der Schädlingsbekämpfung. Desinf. u. Schädlingsbek., *41*, 201—202, 1949. — 14. Pfeifer, S.: Experimentelle Untersuchungen und Freilandbeobachtungen zur Feststellung der Vertilgung des Kartoffelkäfers *(Leptinotarsa decemlineata* Say.) durch mitteleuropäische Vogelarten. Z. angew. Ent., *37*, 447—461, 1955.

15. Rademacher, B.: Die Bedeutung der Schafhaltung im Pflanzenschutz. Südd. Schäfereiztg., *43* (21), 197—199, 1953. — 16. Rayner, H. J. W.: Using geese in strawberry production. Delaware State Board Agric. Bull. *40* (5), 90—92, 1951.

17. Schwerdtfeger, F.: Die Waldkrankheiten. Paul Parey, Hamburg/Berlin, 2. Aufl., 485 pp., 1957.

18. Tusnadi, G.: Défense biologique par des rapaces contre les alifères nuisibles des nos étangs à poissons. Allattan Közlemények, *44*, 239—242, 1954 (Orig. ungarisch).

7. Biologische Unkrautbekämpfung

Wenn man unter „Unkräutern" solche Pflanzen versteht, die am falschen Ort wachsen, so bedeutet biologische Unkrautbekämpfung die Verminderung derartiger unerwünschter Gewächse durch Lebewesen, soweit dieser Vorgang vom Menschen eingeleitet oder beeinflußt wird. Hier sind also phytophage Organismen die „nützlichen" und deren Feinde die „schädlichen" Arten, umgekehrt wie bei der übrigen biologischen Bekämpfung. Entsprechend der überragenden wirtschaftlichen Bedeutung von Unkräutern gibt es über die Eigenarten des biologischen Verfahrens und die damit gemachten Erfahrungen ein reiches Schrifttum (z. B. 14, 15, 21, 33, 34, 35, 55, 59, 60, 64, 65, 66, 67, 68, 69). Viele Beispiele und weitere Literaturangaben bringen besonders Sachtleben (48) und Huffaker (31, 32).

Biologische Bekämpfung von Unkräutern erscheint nur dort sinnvoll, wo kulturelle oder technische Methoden unpraktisch oder unmöglich sind. Wie jedes biologische Verfahren rottet sie die unerwünschten Organismen nicht aus, sondern schränkt sie nur mehr oder weniger ein. An die Verwendung der biologischen Unkrautbekämpfung geht man im allgemeinen nur zögernd heran, da die eindeutige Bewertung einer Pflanze als Unkraut oft schwierig ist und da mit der Verwendung, meist Einfuhr, von Phytophagen schwer vorhersehbare Gefahren verbunden sein können.

a) Schaden der Unkräuter und Aussichten biologischer Verfahren

Physikalische, chemische und kulturelle Unkrautbekämpfung lassen sich lokalisieren. Erst bei der Verwendung von Lebewesen, die sich ausbreiten können, entsteht der Zwang, die Schädlichkeit einer Pflanze gegen ihren Nutzen generell abzuwägen. Außer der direkten wirtschaftlichen Bedeutung muß dabei auch die indirekte Wirkung bedacht werden, die Unkräuter auf andere Pflanzen, Tiere oder den Boden haben. So erhoben z. B. anfänglich die Farmer auf Hawaii Widerspruch gegen eine geplante biologische Bekämpfung der Opuntien (*Opuntia megacantha* Salm-Dyck.), da diese auch als Viehfutter und Wasserreservoir für die Weiden dienen (17). Die Gelbsterndistel (*Centaurea solstitialis* L.) in Kalifornien schadet dem Weidebetrieb, gilt aber als Grundlage der Bienenzucht und damit des Obstanbaues; die Einfuhr natürlicher Feinde der Pflanze wurde daher nicht gestattet. In anderen Fällen sind Unkräuter als Mittel gegen Bodenerosion unentbehrlich, ein Gesichtspunkt, der auch bei der hemmungslosen Verwendung von Herbiziden neuerdings beachtet wird (weitere Beispiele bei 31).

Wie wir noch sehen werden, war die Bekämpfung von Feigenkakteen (*Opuntia* sp.) durch Insekten in vielen Teilen der Welt erfolgreich. Dort jedoch, wo Opuntien als stachellose Arten vorkommen und als Viehfutter dienen (z. B. *O. dillenii* [Ker-Gawler] auf Madagaskar, stachellose Varietäten von *O. megacantha* in Südafrika), wurden die anderenorts als Nützlinge geschätzten Phytophagen schädlich (z. B. *Dactylopius tomentosus* Lam. auf Madagaskar) (9, 46). Ähnlich zweischneidig ist die Beseitigung von „manuka" (*Leptospermum scoparium* Forst.) auf Neuseeland durch eingeführte Schildläuse (*Eriococcus orariensis* Hoy), da die Pflanze vor Bodenerosion schützt, zugleich aber bei den Farmern als Unkraut gilt (27, 28). Je einförmiger eine Landschaft und je einfacher die dort ausgeübte Landwirtschaft, desto sicherer läßt sich Nutzen oder Schaden von Unkräutern beurteilen. Kulturelle Verfahren, wie Fruchtwechsel und Bodenbearbeitung, stören zudem oft die Entwicklung spezifischer Unkrautfresser. Extensiv genutztes Gelände bietet sich daher für die biologische Methode an. Andererseits scheidet sie dort aus, wo die völlige Ausrottung verlangt werden muß, wie z. B. bei der Beseitigung von Zwischenwirten pilzlicher Krankheitserreger an Nutzpflanzen.

Bisher wurden mit biologischen Verfahren mit einer Ausnahme *(Leptospermum scoparium)* stets eingeschleppte Unkräuter bekämpft, wie z. B. Opuntien in Australien, Südafrika, Asien; Johanniskreuzkraut (*Hypericum perforatum* L.) in Australien, USA, Kanada, Südamerika. Grundsätzlich ist nicht einzusehen, warum nicht auch einheimische (endemische) Schadpflanzen von (eingeführten) Feinden naher Verwandter kurzgehalten werden können, so wie auch einheimische Schadinsekten durch eingeführte Entomophagen bekämpft werden konnten. Die Vernichtung der in Nordamerika einheimischen Kastanien durch einen eingeschleppten Pilz (*Endothia parasitica* [Murr.] And. & And.) oder die fast völlige Verdrängung der endemischen Bermuda-„Zedern" (*Juniperus bermudiana* L.) von dieser Insel durch eingebrachte Schildläuse (*Carulaspis minima* [Targ.] und *Lepidosaphes newsteadi* [Šulc]) zeigt, daß so etwas prinzipiell möglich ist. Auch der klassische Fall der Opuntien-Bekämpfung in Australien durch einen Kleinschmetterling (Phycitidae) (*Cactoblastis cactorum* [Berg]) beruht auf etwas Ähnlichem: die aus Nordamerika eingeschleppten

Feigenkakteen (*Opuntia stricta* Haw.) (= *O. inermis* D. C.) erlagen diesem Opuntienfresser, der an verwandten Arten in Argentinien, nicht in Nordamerika, vorkommt. Die weitere Erforschung der Feinde von Arten, die mit Unkräutern nah verwandt sind, wird voraussichtlich den Anwendungsbereich der biologischen Unkrautbekämpfung beträchtlich erweitern. — Von den Gewächsen mit verschiedener Lebensdauer eignen sich ausdauernde (perennierende) besser zur Ansiedlung neuer Feindarten als einjährige (annuelle), da letztere eine besondere Anpassung der Phytophagen an das wechselnde Nahrungsangebot erfordern.

b) Natürliche Feinde von Unkräutern

Seit dem Beginn biologischer Unkrautbekämpfung im Jahre 1902 durch Koebele und Perkins (45), die natürliche Feinde von Lantana (*Lantana camara* L.) aus Mexiko nach Hawaii einführten, sind fast nur Insekten hierfür verwendet worden (Beispiele s. unten). Folgende Ausnahmen seien erwähnt: Als „replacement control", also Bekämpfung durch Verdrängung, bezeichnet man in den Vereinigten Staaten eine Änderung der Intensität der Weidenutzung durch Vieh; hierdurch erhält die natürliche Vegetation Gelegenheit, solche Unkräuter wieder zu verdrängen, die infolge übermäßiger Beweidung zugenommen hatten (47). Dies hat sich auch zur indirekten Bekämpfung der Rübenzikade *Circulifer tenellus* (Baker), eines gefürchteten Vektors von Viruskrankheiten, bewährt; es gelang hier durch solche Verdrängungen, das für die Entwicklung der Zikade entscheidende Salzkraut, *Salsola kali* var. *tenuifolia* Tausch., zu vermindern (1). Die Milbe *Tetranychus desertorum* Banks (= *opuntiae* Banks), die zufällig mit Feigenkakteen von Texas nach Australien gekommen war, erwies sich dort 1922—23 als wertvolle Zerstörerin dieser Unkräuter (*Opuntia stricta*), bevor der Zünsler *Cactoblastis cactorum* alle anderen Feindarten übertraf (14). Die Pilze *Gloeosporium lunatum* Ell. & Ev., *Phyllosticta concava* Seav. und *Montaguella opuntiarum* Speg. zerstören nach Dodd (14) gelegentlich als primäre Eindringlinge Opuntien. Da sie humides Klima brauchen, haben sie sich in Australien nicht bewährt. Versuche zur Infektion von *Opuntia megacantha* durch Bespritzen und Beimpfen mit Sporen von *Fusarium oxysporum* Schlect. auf Hawaii verliefen ebenfalls erfolglos (16). Auch gegen das Schutt-Bingelkraut (*Mercurialis annua* L.) ließ sich in Deutschland durch Sporen von *Cercospora mercurialis* Passer nichts erreichen (3). Sehr stark waren jedoch Bakterien als sekundäre Einwanderer in Feigenkakteen an dem Erfolg von *Cactoblastis cactorum* in Australien und anderwärts beteiligt (14). Die nützliche Tätigkeit algenfressender Psychodiden- und Chironomiden-Larven (Diptera) in Kläranlagen läßt sich durch richtige Regulation des Abwasser-Zuflusses verstärken (62). — Von den zur Unkrautbekämpfung verwendeten Wirbeltieren seien hier nur Karpfen (*Cyprinus carpio* L.) erwähnt, die auf Sardinien erfolgreich benutzt wurden, um verkrautete Seen zu reinigen. Der Einsatz von Haustieren ist in Kap. 6 e besprochen.

c) Beispiele

Die folgende Tabelle 6 bringt die bekanntesten Beispiele für völlig oder teilweise gelungene biologische Bekämpfung von Unkräutern durch Insekten. Auch Teilerfolge, bei denen ein Unkraut nur auf begrenzten Gebieten zurückgedrängt wird, haben ihren wirtschaftlichen Wert. Sie entstehen entweder durch komplexe ökologische Verhältnisse, die dazu führen, daß die bisher eingeführte Nützlingsart nur im Bereich bestimmter Außenbedingungen die Unkrautbestände dauernd vermindern können (z. B. Opuntien auf Hawaii nur im trockensten küstennahen Gebiet, Johanniskreuzkraut in Australien nur in unteroptimalen Wuchsorten); oder sie sind durch langsame Wirkung mancher Phytophagen bedingt (z. B. beim Stechginster auf Neuseeland durch samenfressenden Rüsselkäfer).

Tabelle 6

Beispiele für volle Erfolge (A) und Teilerfolge (B) bei der biologischen Unkrautbekämpfung

Unkraut	Unkraut-Feinde Art	Familie	Land	Ausführliche Angaben bei
A				
Opuntia stricta Haw. *O. vulgaris* Miller u. a. Arten der Feigenkakteen („prickly-pear")	*Cactoblastis cactorum* (Berg) *Dactylopius indicus* Green (= *D. ceylonicus* Green)	Phycitidae Coccidae	Australien	(13) (14) (48)
Opuntia dillenii (Ker-Gawler) u. a. Arten	*Dactylopius tomentosus* Lam. (= *D. opuntiae* Ckll.) *D. indicus* Green	Coccidae	Süd-Indien, Ceylon, Mauritius	(10) (36) (42) (48)
Opuntia elatior Miller	*Dactylopius tomentosus* Lam.	Coccidae	Celebes	(18)
Clidemia hirta D. Don („koster's curse")	*Liothrips urichi* Karny	Phloeothripidae	Fidschi-Inseln	(48) (49) (50)
Cordia macrostachya (Jacq.) R. & S. („black sage")	*Schematiza cordiae* Barb. *Eurytoma* sp. near *howardi* D. T.	Galerucidae Eurytomidae	Mauritius	(52) (63) (64)
Hypericum perforatum L. Johannis-Kreuzkraut („St. Johnswort") („Klamath weed")	*Chrysolina quadrigemina* (Suffrian) *Zeuxidiplosis giardi* (Kieff.) *Agrilus hyperici (Creutz.)*	Chrysomelidae Itonididae Buprestidae	Westl. USA	(21) (23) (25) (29) (30)
B				
Opuntia megacantha Salm-Dyck	*Cactoblastis cactorum* (Berg)	Phycitidae	Hawaii	(17)
Opuntia megacantha Salm-Dyck	*Dactylopius tomentosus* Lam.	Coccidae	Südafrika	(46)
Hypericum perforatum L.	*Chrysolina hyperici* (Forst.) *Chrysolina quadrigemina* (Suffrian) *Agrilus hyperici (Creutz.)*	Chrysomelidae Buprestidae	Australien Kanada	(5) (43) (65) (70) (54)
Eupatorium adenophorum Spreng. („pamakani")	*Procecidochares utilis* Stone	Tephritidae	Hawaii	(2)
Lantana camara L. („lantana")	*Epinotia lantana* (Busck) *Teleonemia scrupulosa* (Stål) u. a. Arten	Tortricidae Tingitidae	Hawaii	(17) (45) (48)
Senecio jacobaea L. Jakobskraut („ragwort")	*Pegohylemyia jacobaeae* Meade	Muscidae	Neuseeland	(32) (38) (39) (40) (41) (48)
Ulex europaeus L. Stechginster („gorse")	*Apion ulicis* Forst.	Curculionidae	Neuseeland Kalifornien	(41) (26)

Der beschränkte Raum verbietet es, auf die Geschichte und weitere Einzelheiten der Fälle hier ausführlich einzugehen. Hierfür sei vor allem auf die Bearbeitung von

SACHTLEBEN (48) in der vorhergehenden Auflage des Handbuches verwiesen. Als Paradebeispiel sei lediglich die Bekämpfung der Opuntien in Australien kurz geschildert.

Die aus Nordamerika nach Australien vor rund 100 Jahren eingeführten Opuntien, vor allem die in Tab. 6 genannten Arten, nahmen 1925 60 Millionen ha Weideland ein und breiteten sich laufend weiter aus Die bereits 1899 angeregte Bekämpfung durch Einfuhr spezifischer Opuntienvertilger wurde 1921 nach Gründung des „Commonwealth Prickly Pear Board" ernstlich begonnen. In den folgenden 15 Jahren stellten die nach Nord- und Südamerika entsandten Fachleute 145 Insektenarten an Opuntien fest, die auf diese und verwandte Cactaceen beschränkt waren: 50 Lepidopteren, 50 Coleopteren, 15 Hemipteren, 12 Homopteren, ferner mehrere Cecidomyiiden und Lonchaeiden (Dipteren) und 2 phytophage Chalcidoidea (Hymenopteren). Vor der Versendung wurde geprüft, ob die Arten spezifisch an Opuntien fraßen, also nicht von anderen Kulturpflanzen leben konnten, und ob sie frei von natürlichen Feinden waren. Nach nochmaliger Prüfung im Hauptlabor in Sherwood bei Brisbane führte man schließlich 50 bis 60 Arten ein, von denen 18 auf verschiedenen Feldstationen in Queensland und Neusüdwales freigelassen wurden. Außer den in der Tabelle genannten Insekten bewährten sich noch *Chelinidea tabulata* (Hemipt., Coreidae) und die Milbe *Tetranychus opuntiae*. Keine der Arten konnte auf die Dauer mit *Cactoblastis cactorum* konkurrieren. Rund 3000 Eier dieser aus Argentinien stammenden Phycitide wurden 1925 aus Buenos Aires nach Sherwood geschickt, dort noch im gleichen Jahr durch Zucht von 2 Generationen um das 900fache vermehrt und die Eier Ende 1925 an 19 verschiedenen Orten ausgesetzt. Nach 2 Jahren waren dort schon zahlreiche Opuntien abgetötet und *C. cactorum* hatte sich viele Meilen weit ausgebreitet. Zusätzlich wurden weitere Eier an den Befallsorten verteilt (1928 bis 1929: 400 Millionen). 1936 waren nur noch weniger als 10% der „prickly-pear"-Bestände in Queensland und

Abb. 58: Die Wirkung des Raupenfraßes der eingeführten *Cactoblastis cactorum* Berg auf dichte Opuntienbestände in Chinchilla, Queensland, Australien (Serienaufnahmen der gleichen Stelle). — Oben: Oktober 1926; üppiger Wuchs der Opuntien. — Mitte: 3 Jahre später; die Reste der zerfressenen Opuntien sind noch sichtbar. — Unten: Dezember 1931; der Wald ist gerodet und die Fläche kann wieder landwirtschaftlich genutzt werden (nach DODD, 1940) (14)

Neusüdwales übrig geblieben und etwa 10 Millionen ha Land, auf dem vorher eine Wildnis dichter Opuntien wuchs, für Viehzucht und Landwirtschaft zurückgewonnen (Abb. 58).

d) Art der Beschädigung des Unkrautes

Unkrautfeinde können die Pflanze direkt oder indirekt schädigen. Direkt wirken z. B. die Chrysomelide *Chrysolina quadrigemina* (Suffrian) durch Blattfraß an *Hypericum perforatum* oder der Prachtkäfer *Agrilus hyperici* (Creutz.) durch Beschädigung der Wurzeln derselben Pflanze. Der Tod der Pflanze kann auch in solchen Fällen durch Verluste an anderen Organen eintreten, die von den direkt geschädigten abhängen. So stirbt das Johannis-Kreuzkraut in Kalifornien nicht durch den erwähnten Blattverlust, sondern weil die befressene Pflanze vor der Trockenperiode kein hinreichend großes Wurzelsystem ausbilden kann. Im Versuch lassen sich durch Bewässern in dieser Periode die Kräuter retten (30). Der Schaden an oberirdischen Organen wirkt sich also am Ort stärkster ökologischer Konkurrenz aus. — Indirekt können Unkräuter geschädigt werden, wenn a) das Gewebe für Infektionen geöffnet oder b) die Wettbewerbsfähigkeit der Art herabgesetzt wird. Zu a) gehört das bereits erwähnte Beispiel der Wirkung von *Cactoblastis cactorum*, die erst direkt die befressenen Opuntien schädigt, zugleich aber Eintrittspforten für sekundär pathogene Bakterien schafft (Abb. 59). Unter b) ist der Fall von *Clidemia hirta* D. Don (Fam. Melastomataceae) einzuordnen, einem um 1890 aus Brit. Guyana nach den Fidschi-Inseln verschleppten Unkraut; zu seiner Bekämpfung wurde die Thysanoptere *Liothrips urichi* Karny aus Trinidad eingeführt, die lediglich an den wachsenden Sproß-

Abb. 59: Durch Angriff des eingeführten Kleinschmetterlings *Cactoblastis cactorum* (Berg) absterbende Opuntie (*Opuntia megacantha* Salm-Dyck) auf Hawaii. — Eingesetzt: Aufgeschnittene Kladodie mit zusammengerollter Raupe (R), Fraßgang (F) und Kotauswurf (K). (Orig.)

spitzen saugt, dadurch den Busch aber so schädigt, daß er im Wettbewerb mit anderen Pflanzen unterliegt.

Welche Teile der Pflanze ein Unkrautfeind beschädigt, ist also für den endgültigen Erfolg nicht entscheidend. Wichtig ist, daß bestehende Unkrautbestände durch direkte oder indirekte Feindwirkung vernichtet werden. Das geschieht besonders oft durch Insekten, die in lebenswichtigen Pflanzenteilen minieren, dort manchmal vor eigenen Feinden besser geschützt sind und sekundären Mikroorganismen die Einwanderung

Abb. 60: Weibchen von *Procecidochares utilis* Stone (Dipt., Tephritidae) bei der Eiablage an dem Weideunkraut *Eupatorium adenophorum* Spreng. („pamakani") auf Hawaii. — (Aufn. H. A. BESS & F. H. HARAMOTO, Hawaii)

Abb. 61: Einfache Galle von *Procecidochares utilis* Stone mit fensterartig vorbereiteter Ausschlüpföffnung für die Imago. — (Aufn. H. A.BESS & F. H. HARAMOTO, Hawaii)

Abb. 62: Längsschnitt durch eine zusammengesetzte Galle mit Puparien von *Procecidochares utilis* Stone. — (Aufn. H. A. BESS & F. H. HARAMOTO, Hawaii)

Abb. 63: Durch Gallen von *Procecidochares utilis* Stone abgetötete Pflanzen von *Eupatorium adenophorum* Spreng. auf Hawaii. — (Aufn. H. A. BESS & F. H. HARAMOTO, Hawaii)

ermöglichen. Das Beispiel der Tephritide *Procecidochares utilis* Stone, des wirksamen Feindes von *Eupatorium adenophorum* Spreng. auf Hawaii (Abb. 60—63), zeigt den Effekt von minierenden Arten trotz erheblicher Verluste durch Parasitierung und Räuberei von Mäusen (2). — Samenfresser kommen im allgemeinen nur in Frage bei einjährigen Pflanzen und, wenn regelmäßig große Samenmengen notwendig sind, um die neue Generation zu begründen (z. B. bei der gegenwärtigen Aktion zur Bekämpfung des Weidenunkrautes *Halogeton glomeratus* [A. Mey.] in den westlichen Vereinigten Staaten). Sonst kann bestenfalls eine weitere Ausbreitung verlangsamt werden, wie es z. B. beim Ginster (*Ulex europaeus* L.) in Neuseeland, wo die Pflanze nur teilweise schädlich ist, durch Einfuhr des Samenrüßlers *Apion ulicis* Forst. versucht wird (40). Je höher die Kontaktfähigkeit (Individuenzahl und Suchfähigkeit) bei einem Phytophagen, um so größer ist sein Wert, da er sich auch bei niederer Dichte der Wirtspflanze halten kann (31).

Die grundsätzlich wichtige Frage, welche Rolle die phytophagen Organismen für die Häufigkeit und Verbreitung von Pflanzen spielen, kann hier nur gestreift werden (vgl. 31). Während über die Einflüsse von Nagern und höheren Säugern auf die Flora gute Untersuchungen vorliegen, sind die uns besonders interessierenden Insekten von den Botanikern bisher vernachlässigt worden. Bekannt ist, daß eingeschleppte Pflanzen oft besonders üppig gedeihen und sich schnell ausbreiten. Wie bei Insekten erfolgt auch bei Pflanzen die Begrenzung des Populationswachstums durch das Zusammenwirken mehrerer Faktoren (vgl. S. 23). Veränderte Wachstumsbedingungen (Klima, Boden, geringe Konkurrenz) werden oft für das gute Gedeihen des Einwanderers in der neuen Heimat verantwortlich sein. Wenn die Pflanze hier nicht unter dem Fraß von Phytophagen zu leiden hat, in ihrer Heimat aber Feinde existieren, die dann n a c h ihrer Einfuhr in das neue Areal zu einer starken Verminderung des betreffenden Pflanzenbestandes geführt haben, so erscheint es naheliegend, anzunehmen, daß diese Arten auch im Herkunftsgebiet einflußreich sind. Versuche zur Ausschließung der Insekten, die sich mit Kontaktinsektiziden durchführen lassen, werden den Beweis dafür ebenso erbringen müssen, wie es entsprechende Versuche mit Huftieren (z. B. Wildverbiß!) gebracht haben. Die wenigen, bisher genauer untersuchten Fälle weisen in diese Richtung (Übersicht bei 31).

e) Praktische Durchführung einer biologischen Unkrautbekämpfung

Ohne auf die allgemeinen Gesichtspunkte näher einzugehen, die bei jedem biologischen Verfahren beachtet werden müssen, sollen hier die besonderen Maßnahmen genannt werden, die vor, bei und nach einer biologischen Unkrautbekämpfung durchzuführen sind. In zeitlicher Reihenfolge handelt es sich dabei um: Suche nach natürlichen Feinden; Prüfung ihrer Spezifität im Herkunfts- und Importland; Versandtechnik; Quarantäne-Maßnahmen; Vermehrung und Auslassung sowie Erfolgskontrolle.

aa) Suche nach natürlichen Feinden

Die Suche nach natürlichen Feinden wird sich nach den bisherigen Erfahrungen stets außerhalb des Gebietes abspielen, in dem eine Pflanze zum Unkraut geworden ist. Da es sich bei den erfolgreich bearbeiteten Fällen bisher fast stets um eingeschleppte Pflanzen gehandelt hat, wird man durch Literaturstudien, Befragung von Fachleuten und eigene Expeditionen das Ursprungsland und die genaue Verbreitung des Unkrautes festlegen müssen, ehe man die Suche nach seinen Vertilgern durchführt. Innerhalb des ursprünglichen Verbreitungsgebietes hat eine solche Suche dort besonders gute Aussichten, wo klimatisch und physiognomisch ähnliche Bedingungen wie in dem Land herrschen, in das die Nützlinge eingeführt werden sollen. Es wird sich lohnen, hierbei auch auf die Feinde nahe verwandter Pflanzen-

arten zu achten und darauf, an welchen anderen Pflanzenarten die beobachteten Unkrautvertilger noch leben; hierdurch lassen sich bereits vorläufige Befunde über ihre Spezifität zusammentragen. Bei einheimischen Unkräutern wird man sich, wenn man deren Feinde importieren will, stets auf die Suche an nahe verwandten Arten beschränken, die durch geographische Barrieren vom Verbreitungsgebiet des zu bekämpfenden Unkrautes getrennt sind. Die Verwendung einheimischer Phytophagen gegen einheimische Schadpflanzen, ein bisher noch nie erfolgreich erprobtes Verfahren, wird sich höchstens dann bewähren, wenn man mit einfachen Mitteln die Gründe für eine bisher unzureichende Einwirkung auf das Unkraut beseitigen kann (z. B. Massenproduktion und Ausbringung von Krankheitserregern). Die Aussichten hierfür scheinen aber, abgesehen von dem Grenzfall des oben genannten „Verdrängungsverfahrens", noch viel ungünstiger als für die Verwendung einheimischer Entomophagen gegen einheimische Schädlinge zu sein. — Bei der Auswahl der einzuführenden Unkrautfeinde sollten nicht nur diejenigen berücksichtigt werden, die im Heimatgebiet am stärksten wirken, wenn auch diesen eine größere Erfolgschance nach der Verfrachtung zugesprochen werden muß. Es gibt nämlich Beispiele, die zeigen, daß scheinbar unwichtige Arten nach ihrer Verschickung an Bedeutung gewinnen, sei es, daß sie vorher von zu vielen natürlichen Feinden dezimiert worden waren, sei es, daß die äußeren Lebensbedingungen ihnen nun besser zusagen. Der Blattkäfer *Schematiza cordiae* Barber ist z. B. auf Trinidad ein Blattfresser an *Cordia macrostachya*, dessen potentiell bedeutende Wirkung auf die Fraßpflanze sich erst erwies, als man ihn, vor Parasiten geschützt, in Gazekäfigen aufzog. Nach Mauritius ohne seine Parasiten überführt, war er äußerst erfolgreich (vgl. Tab. 6) (51). Wie bei der biologischen Bekämpfung von Schädlingen läßt sich auch hier keine sichere Voraussage über den Erfolg machen.

bb) Prüfung der Spezifität

Die Prüfung der Spezifität, d. h. der engen Bindung von Organismen an eine Unkrautart, gegen die man sie nutzen will, ist die Kernfrage, die vor Beginn der Verwendung gelöst sein muß. Wenn diese Spezifität gering oder das betreffende Unkraut mit Nutzpflanzen nahe verwandt ist, so daß ein späteres Überwechseln zu befürchten ist, wird die Entscheidung meist negativ ausfallen müssen, da einmal freigelassene Phytophagen nicht wieder vollständig eingefangen oder ausgerottet werden können. Bei der Einfuhr von Insektenarten wie z. B. Blattläusen, die zugleich als Überträger von pflanzlichen Viruskrankheiten in Frage kommen, ist besondere Vorsicht am Platze (19).

Unsere Kenntnisse der physiologischen Vorgänge bei der Nahrungswahl sind noch zu gering, um in dieser Beziehung sichere Voraussagen machen zu können. Wir wissen zwar, daß die chemische Zusammensetzung der Pflanzen und vor allem die Gegenwart von bestimmten ätherischen Ölen und Alkaloiden über die Eignung als Nährpflanze entscheiden und daß auch physikalische Faktoren wie Behaarung etc. eine Rolle spielen. Eine sichere Voraussage über die Spezifität ist trotzdem ohne eigene Versuche nur in den seltensten Fällen möglich (4, 11, 12, 37, 56, 58). Die bisher beobachteten Beispiele für einen Wechsel in der Nahrungswahl haben sich bei näherer Nachprüfung meist als die Folge einer Oligophagie herausgestellt, die man vorher nicht erkannt hatte (Näheres bei 31). Jede phytophage Tierart, die nicht streng an eine oder ganz wenige nahe verwandte Pflanzenarten gebunden ist, scheidet bei den Vorversuchen ohnehin aus. Je mehr Arten von einem Pflanzenfresser angenommen werden, um so größer ist die Wahrscheinlichkeit, daß neue dazu kommen. So hat der Obstwickler *Carpocapsa pomonella* (L.), der in Europa nur an Rosaceen frißt, in Nordamerika Rassen entwickelt, die an Walnuß (Juglandaceae) und Orangen (Rutaceae) leben. Je spezialisierter die Verhaltensweise bei Auswahl von und Fraß an der Futterpflanze ist, desto seltener scheinen Änderungen vorzukommen. In diesem Zusammenhang spielen neben den chemischen die physikalischen Merkmale einer Pflanze eine bedeutsame Rolle als „Auslöser" des Fressens oder der Eiablage. Die neuere Verhaltensforschung hat gezeigt, daß relativ einfache Schlüsselreize genügen, um komplizierte Instinkthandlungen auszulösen, und daß solche Verknüpfungen mindestens so konservativ sind wie morphologische Merkmale (57, 61).

Die Trypetide *Euaresta aequalis* Loew. benötigt z. B. als auslösenden Reiz bei der Eiablage an Samen von *Xanthium* vor allem ein Objekt bestimmter Größe mit feiner Behaarung. Attrappenversuche zeigten, daß sie auch an Nachbildungen aus Gummi mit kleinen Metall-

nadeln bereit ist, Eier abzulegen (7). Nicht nur die Art der Nährpflanze, auch ihre derzeitige Entwicklung und ihr physiologischer Zustand sind für die Annahme oder Verweigerung wichtig. Schließlich spielt die räumliche und vor allem die zeitliche Koinzidenz zwischen dem Entwicklungszyklus der Phytophagen und dem seiner Nährpflanze eine große Rolle.

Der entscheidende Versuch ist der Hunger-Test, d. h. die künstliche Vorausnahme der Situation, die im Freiland entstehen kann, wenn eine Art das Unkraut weitgehend beseitigt hat und nun entweder verhungern muß oder sich auf andere Pflanzen umstellen kann. Unkrautfresser, die bereits im Herkunftsland auf Kulturpflanzen übergehen, scheiden auf jeden Fall aus. Den übrigen Arten müssen möglichst die Vertreter aller wichtigen Kulturpflanzen-Familien im Hungertest geboten werden, ganz besonders solche aus der systematischen Verwandtschaft der Unkräuter. Es kommt vor, daß die Tiere dabei Nährpflanzen akzeptieren, die sie unter Freilandbedingungen ablehnen. So fraßen die Larven des Blattkäfers *Schematiza cordiae* Barb. in Petrischalen auch an Kohlblättern; in größeren Käfigen nahmen sie diese nie an, sondern verhungerten, wenn man ihnen die spezifische Nährpflanze (*Cordia macrostachya* [Jacq.] R. & S.) entzog (vgl. Tab. 6). Die Ergebnisse des Hungertestes müssen also stets unter annähernd natürlichen Bedingungen überprüft werden. Der Wert von Pflanzen, die evtl. außer dem Unkraut noch angenommen werden, ist zu bedenken. Das entscheidende Kriterium bleibt aber, ob die zum Import vorgesehenen Phytophagen an anderen (wertvollen) Pflanzen nicht nur fressen, sondern auch sich fortzupflanzen vermögen, wenn man ihnen ihre spezifische Nahrung entzieht. In großen kontinentalen Gebieten mit abwechslungsreichem Klima und vielseitiger Landwirtschaft bestehen dabei natürlich besonders große Gefahren.

Die Versuche sollten aus Sicherheitsgründen erst einmal im Herkunftsgebiet und dann, nur mit den aussichtsreichen Arten, nochmals in der vorgesehenen neuen Heimat durchgeführt werden. Manches von der Versuchstechnik, die bei der Zucht schädlingsresistenter Pflanzen entwickelt wurde und in einem anderen Teil dieses Handbuches besprochen ist, wird man übernehmen können. Vor allem die Art der Haltung der Versuchspflanzen ist dabei wichtig, da geschwächte Exemplare oft gegen Phytophagen empfindlicher sind als ganz gesunde (Beisp. bei 44). — In wenigen Fällen, wenn die Verhaltensweise von Unkrautfeinden besonders spezialisiert war, hat man auch auf die Hungerteste verzichtet, ohne Rückschläge zu erleiden (z. B. mit der Chalcidide *Eurytoma* sp. als Verzehrer der Samen von *Cordia macrostachya* [64] und mit der Gallmücke *Zeuxidiplosis giardi* [Kieff.], die aus Frankreich zur Bekämpfung von *Hypericum perforatum* eingeführt worden ist [65]).

Schließlich kann es empfehlenswert sein, bei Blattfressern die Reaktion des Unkrautes auf den Blattverlust dadurch zu erproben, daß man die Blätter abschneidet und sieht, ob vielleicht dadurch die Bildung von Samen angeregt wird o. ä. (vgl. Versuche an *Cordia macrostachya* [53]).

cc) Versandtechnik und Quarantäneverfahren

Versandtechnik und Quarantäneverfahren wurden bereits für entomophage Insekten besprochen (S. 187 ff.). Zusätzlich für phytophage Arten ist zu beachten, daß ihre Überlebensaussichten im allgemeinen größer sind als bei Entomophagen, wenn sie entkommen können. Die Versandbehälter müssen daher stabil, möglichst nach dem Prinzip der doppelten Sicherung konstruiert sein, also z. B. aus Sperrholz und zusätzlich von feinem Maschendraht umgeben. Die Ansprüche der einzelnen Arten sind so verschieden, daß sich allgemeine Regeln nicht aufstellen lassen. Zweckmäßigerweise benutzt man kleine Behälter und versendet in ihnen solche Stadien wie Eier oder Puppen, die nicht fressen müssen. Eindeutige, unverwaschbare Beschriftung, Beifügung der für Transit- und Empfangsländer notwendigen Bescheinigungen und sorgfältig vorbereitete Zollabfertigung sind erforderlich.

Wenn möglich, sollte das Empfangslaboratorium isoliert liegen. Vor Ankunft der zu prüfenden Phytophagen müssen dort die in Frage kommenden Kulturpflanzen für den Versuch so vorbereitet sein, daß sie auch bei mangelhafter zeitlicher Koinzidenz in verschiedenen Entwicklungsstadien zur Verfügung stehen. Eingehende Sendungen sind nur in solchen Räumen zu öffnen, die sich völlig reinigen lassen und ganz dichte, doppelt gesicherte Türen und Fenster haben. Auch Lüftungs- und Ausgußschächte sind abzusichern, Lichtfallen im dunklen Vorraum anzuraten. Phytophage Tiere sollen erst dann in den Versuch kommen, wenn sie

soweit durchgezüchtet sind, daß zufällig mit übersandte Parasiten und Räuber ausgesondert werden konnten. Für die endgültige Freilassung kommen natürlich nur feindfreie Populationen in Frage.

dd) Massenzucht und Freilassung

Massenzucht und Freilassung von Unkrautvertilgern folgen erst dann, wenn die in Aussicht genommenen Arten die oben geschilderten Versuche bestanden haben. Bei der Massenzucht selbst lassen sich nicht wie bei Entomophagen leicht züchtbare Ersatzwirte verwenden, da spezifische Nahrungsansprüche gefordert werden. Das Verfahren wird hier andererseits dadurch erleichtert, daß von den sonst üblichen drei Stufen — Pflanze, phytophager Insektenwirt, Nutzinsekt — hier eine fortfällt, da bereits die phytophage Art genutzt wird. Erfahrungsgemäß ist die gleichzeitige Freilassung von vielen Individuen günstig, und zwar in Örtlichkeiten, die den Lebensansprüchen der Art entgegenkommen. Holloway & Huffaker (24) ließen bei der Bekämpfung des Johannis-Kreuzkrautes in Kalifornien stets mindestens 5000 adulte Käfer zugleich aus. In Neuseeland und Australien scheiterte die Ansiedlung des Jakobskrautbären *(Tyria jacobaeae* L.) zur Bekämpfung des Jakobs-Kreuzkrautes an der geringen Zahl freigelassener Falter (8, 38). Die Angriffe von (polyphagen) Feinden, das gegenseitige Verfehlen der kopulationsbereiten Imagines und der Fortfall des Zusammenlebens in Gruppen verursachen Verluste, die nur eine große Ausgangspopulation überwinden kann. Vor allem beim Import von Ländern jenseits des Äquators ergeben sich oft Schwierigkeiten mit der zeitlichen Gleichstimmung der Zyklen von Pflanze und Pflanzenfresser. Manchmal lassen sich diese durch künstliche Verkürzung oder Verlängerung der Ruhestadien überwinden (20).

Die Ansiedlung der Unkrautfeinde sollte möglichst an Örtlichkeiten verschiedenen ökologischen Gepräges erfolgen, z. B. an Süd- und Nordhängen, in verschieden trockenen und verschieden hohen Standorten, da die wirklich optimalen Bedingungen für das Tier auch von einem eingearbeiteten Fachmann nicht immer zu bestimmen sind. Stets sollte aber der Unkrautbestand reichlich und der für die Entwicklung der Feindart ausschlaggebende Pflanzenteil im richtigen Entwicklungsstadium vorhanden sein. Auch die Tageszeit der Freilassung kann wichtig sein; die gegen das Johannis-Kreuzkraut in Kalifornien angesiedelten Blattkäfer blieben z. B. nur an kühlen Tagen oder Tagesstunden einigermaßen zusammen, flogen aber bei warmem Sonnenwetter in alle Winde (31).

ee) Erfolgskontrolle

Die Erfolgskontrolle nach einer biologischen Unkrautbekämpfung ist zumeist leichter als nach einer Schädlingsbekämpfung, da das Verschwinden der Unkrautbestände mehr auffällt. Ob sich an den frei gewordenen Standorten erwünschte oder unerwünschte Pflanzen ansiedeln, läßt sich schwer voraussagen. Um den durch Verminderung der ursprünglichen Schadpflanze erzielten Erfolg voll auszunutzen, läßt sich mit kulturellen Verfahren, durch Aussaat erwünschter Arten oder überlegte Weidewirtschaft nachhelfen. In den bisher bekannten Beispielen folgte jedenfalls nicht ein neues Unkraut, als das alte ausgeschaltet war. Manchmal kam es allerdings nach einem Anfangserfolg, der wellenartig über das verunkrautete Gelände gegangen war, zu einer Erholungsphase, in der sich der Pflanzenbestand ergänzen konnte, da die Phytophagen nicht dauernd gleich aktiv blieben (z. B. bei der Bekämpfung von *Hypericum perforatum* in Australien [6]). Die erfolgreiche Verwendung der gleichen Blattkäfer gegen das gleiche Unkraut in den nordwestlichen USA (vgl. Tab. 6 A) zeigt, daß geringe Klimaunterschiede sowie das Vorkommen einer ausgesprochenen Trockenzeit und kräftiger Konkurrenz-Pflanzen in Amerika für den Unterschied im praktischen Erfolg verantwortlich sind (31).

Zur Demonstration der sich allmählich ändernden Flora eignet sich die photographische Serienaufnahme vom gleichen Standort in regelmäßigem Zeitabstand (Abb. 58 u. 64). Noch mehr Einzelheiten bringen quantitative Bestandsaufnahmen (Kartierungen) auf Probeflächen, die zugleich zeigen, ob und wie schnell erwünschte Pflanzenarten dort wieder eindringen, wo Unkräuter selten geworden sind (22, 32 a). Ein volles Verständnis für die somit festgehaltene Entwicklung läßt sich nur dann gewinnen, wenn zugleich auch die Bionomie des Unkrautfeindes, seine Einordnung in den zeitlichen Ablauf der Pflanzenentwicklung, die

Abb. 64: Fortschreiten der biologischen Bekämpfung des Johannis-Kreuzkrautes (*Hypericum perforatum* L.) in Kalifornien durch den Fraß des Blattkäfers *Chrysolina quadrigemina* (Suffrian). — L i n k s blühen die Kräuter noch; in der M i t t e zeigt der dunkle Strich die Zone kahlgefressener Pflanzen; r e c h t s entsteht die unkrautfreie Wiese, auf der sich bisher verdrängte Nutzgräser wieder ansiedeln (nach HOLLOWAY & HUFFAKER, 1949) (22)

Reaktion der befressenen Gewächse und ihre Auseinandersetzung mit Konkurrenzarten ermittelt werden. Auch hierbei wird man in Zukunft versuchen müssen, durch zeitweilige Ausschaltung der Phytophagen auf beschränkten Flächen den experimentellen Beweis für deren verursachende Wirkung besser zu fundieren (Literatur und Beispiele bei 32).

Literatur zu 7

1. Armitage, H. M.: Controlling curly top virus in agricultural crops by reducing populations of overwintering beet leafhoppers. J. econ. Ent., *45*, 432—435, 1952.

2. Bess, H. A., & F. H. Haramoto: Biological control of pamakani, *Eupatorium adenophorum*, in Hawaii by a tephritid gall fly, *Procecidochares utilis*. 2. Population studies of the weed, the fly, and the parasites of the fly. Ecology, *40*, 244—249, 1959. — **3.** Brod, G.: Studien über *Cercospora mercurialis* Passer in Hinblick auf eine biologische Bekämpfung des Schutt-Bingelkrautes (*Mercurialis annua* L.). Phytopath. Z., *24*, 431—442, 1955. — **4.** Brues, C. T.: Insect Dietary. Harvard Univ. Press, Cambridge, Mass., 466 pp., 1946.

5. Clark, L. R.: The ecology of *Chrysomela gemellata* Rossi and *C. hyperici* Forst. and their effect on St. John's wort in the Bright District, Victoria. Austr. J. Zool., *1*, 1—69, 1953. — **6.** Clark, N.: The biology of St. John's wort (*Hypericum perforatum* L. var. *angustifolium* D. C.) in the Ovens Valley, Victoria, with particular reference to entomological control. Austr. J. Botany, *1*, 95—120, 1953. — **7.** Currie, G. A.: Ovipositional stimuli of the burrseed fly, *Euaresta aequalis* Loew. (Diptera: Trypetidae). Bull. ent. Res., *23*, 191—199, 1932. — **8.** Currie, G. A., & R. V. Fyfe: The fate of certain European insects introduced into Australia for the control of weeds. Austral. Counc. Sci. Industr. Res. J., *11*, 289—301, 1938.

9. Decary, R.: La destruction des cactus par une cochenille à Madagascar: ses conséquences économiques et sociales. Ann. Soc. linn., Lyon (1929), *75*, 101—117, 1930. — **10.** Deshpande, V. G.: Eradication of prickly pear by cochineal insects in the Bombay presidency. Agric. Live-Stock. India, *5*, 36—42, 1935. — **11.** Dethier, V. G.: Chemical Insect Attractants and Repellents. P. Blakiston's Son & Co., 289 pp., 1947. — **12.** Dethier, V. G.: Evolution of feeding preferences in phytophagous insects. Evolution, *8*, 33—54, 1954. — **13.** Dodd, A. P.: The control and eradication of prickly pear in Australia. Bull ent. Res., *27*, 503—517, 1936. — **14.** Dodd, A. P.: The biological campaign against prickly pear. Commonw. Prickly Pear Board, Brisbane, 177 pp., 1940. — **15.** Dodd, A. P.: Biological

control of weeds. Weed Control Conf., Roseworthy Agr. College, Sess. 5, 121—123, 1954.
16. Fullaway, D. T.: Biological control of cactus in Hawaii. J. econ. Ent., *47*, 696—700, 1954. — **17.** Fullaway, D. T.: Biological control of *Opuntia megacantha* and *Lantana camara* in Hawaii. Proc. 10. Int. Congr. Ent. (Montreal, 1956), *4*, 549—552, 1958.
18. Goot, P. van der: Biological control of prickly-pear in the Paluvalley (N. Celebes). Landbouw, *16*, 413—429, 1941.
19. Heinze, K.: Blattläuse als biologischer Bekämpfungsfaktor bei der Bekämpfung von Unkräutern. Z. Pflkrankh., *63*, 689—693, 1956. — **20.** Holloway, J. K.: Biological control of Klamath weed. Progress report. J. econ. Ent., *41*, 56, 1948. — **21.** Holloway, J. K.: The use of insects for the biological control of weeds. Proc. Fourteenth Western Weed Control Conf., 59—62, 1954. — **22.** Holloway, J. K., & C. B. Huffaker: Klamath weed beetles. Biological control program now is in the second of three phases. Calif. Agric., *3* (2), 3, 10, 1949. — **23.** Holloway, J. K., & C. B. Huffaker: The role of *Chrysolina gemellata* in the biological control of Klamath weed. J. econ. Ent., *44*, 244—247, 1951. — **24.** Holloway, J. K., & C. B. Huffaker: Insects to control a weed. In: Insects, the Yearbook of Agriculture, 135—140 (Washington, D. C.) 1952. — **25.** Holloway, J. K., & C. B. Huffaker: Establishment of a root borer and a gall fly for control of Klamath weed. J. econ. Ent., *46*, 65—67, 1953. — **26.** Holloway, J. K., & C. B. Huffaker: Establishment of the seed weevil, *Apion ulicis* Forst., for suppression of gorse in California. J. econ. Ent., *50*, 498—499, 1957. — **27.** Hoy, J. M.: Control of Manuka by blight. New Zealand J. Agric., *79*, 321—324, 1949. — **28.** Hoy, J. M.: A new species of *Eriococcus* Targ. (Hemiptera, Coccidae) attacking *Leptospermum* in New Zealand. Trans. Roy. Soc. New Zeal., *82*, 465—474, 1954. — **29.** Hufkaker, C. B.: The return of native perennnial bunchgrass following the removal of Klamath weed *(Hypericum perforatum* Linn.) by imported beetles. Ecology, *32*, 443—458, 1951. — **30.** Huffaker, C. B.: Quantitative studies on the biological control of St. John's wort (Klamath weed) in California. Proc. 7th Pac. Sci. Congr., *3*, 12—14, 1953. — **31.** Huffaker, C. B.: Fundamentals of biological control of weeds. Hilgardia, *27*, 101—157, 1957. — **32.** Huffaker, C. B.: Biological control of weeds with insects. Ann. Rev. Entom. *4*, 251—276, 1959. — **32 a.** Huffaker, C. B., & C. E. Kennett: A ten-year study of vegetational changes associated with biological control of Klamath weed. J. Range Managem., *12*, 69—82, 1959.
33. Imms, A. D.: The biological control of insect pests and injurious plants in the Hawaiian Islands. Ann. Appl. Biol., *13*, 402—423, 1926. — **34.** Imms, A. D.: Remarks on the problem of the biological control of noxious weeds. Proc. 4. Int. Congr. Ent. (Ithaca, N.Y., 1928), *2*, 10—17, 1929. — **35.** Imms, A. D.: Biological control of noxious weeds. In: Recent Advances in Entomology, 410—419, E. Blakiston and Sons, Philadelphia, 1937.
36. Jepson, F. P.: Present position in regard to the control of prickly-pear *(Opuntia dillenii* Haw.) in Ceylon by the introduced cochineal insect *Dactylopius tomentosus* Lamk. Trop. Agric., *75*, 63—72, 1930. — **37.** Jolivet, P.: Phytophagie et Selection Trophique. Vol. Jubilaire, Victor van Straelen, L'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique. *2*, 1954.
38. Miller, D.: Biological control of noxious weeds. New Zealand J. Sci. Technol., *18*, 581—584, 1936. — **39.** Miller, D.: Biological control of noxious weeds of New Zealand. Imp. Bur. Past. Forage Crops, Herb. Publ. Ser. Bul., *27*, 153—157, 1940. — **40.** Miller, D.: Control of gorse by seed weevil. New Zealand J. Agr., *75*, 341—344, 1947. — **41.** Miller, D., A. F. Clark & J. J. Dumbleton: Biological control af noxious insects and weeds in New Zealand. Cawthron Inst. Sci. Res. Pub. No. 16, 1936. — **42.** Moutia, A., & R. Mamet: A review of 25 years of economic entomology on the island of Mauritius. Bull. ent.. Res., *36*, 439—472, 1946.
43. Nicholson, A. J.: Progress in the control of *Hypericum* by insects. Proc. 8. Int. Congr. Ent. (Stockholm, 1948) 96—99, 1950.
44. Painter, R. H.: Insect Resistance in Crop Plants. McMillan Co., New York, 520 pp., 1951. — **45.** Perkins, R. C. L., & O. H. Swezey: The introduction into Hawaii of insects that attack lantana. Sugar Planter's Ass. Exp. Sta. Ent. Ser. Bul., *16* (83 pp.) 1924. — **46.** Pettey, F. W., & S. J. S. Marais: The cochineal *(Dactylopius opuntia)* and the problem of its control in spineless cactus plantations. South Afr. Dept. Agric. Bull., Nr. 296, 34 pp., 1950. — **47.** Piemeisel, R. L., & E. Carsner: Replacement control and biological control. Science, *113*, 14—15, 1951.
48. Sachtleben, H.: Biologische Bekämpfungsmaßnahmen. Handb. d. Pflanzenkrankheiten VI, 2. Halbband, P. Parey, Berlin, 1—120, 1941. — **49.** Simmonds, H. W.: The biological control of the weed *Clidemia hirta* D.Don., in Fiji. Bull. ent. Res., *24*, 345—348, 1953. — **50.** Simmonds, F. J.: Biological control of noxious weeds, with special reference to the plants *Clidemia hirta* (the curse) and *Stachytarpheta jamaicensis* (blue rat tail). Fiji Dept. Agr. J., *7*, 3—10,

1934. — **51.** Simmonds, F. J.: The effective control by parasites of *Schematiza cordiae* Barber, in Trinidad. Bull. ent. Res., *39*, 217—220, 1948. — **52.** Simmonds, F. J.: Initial success of attempts at the biological control of the weed *Cordia macrostachya* (Jacq.) R. and S. in Mauritius. Trop. Agric., Trinidad, *26*, 135—136, 1949. — **53.** Simmonds, F. J.: Further effects of the defoliation of *Cordia macrostachya* (Jacq.) R. and S. Canad. Entomologist, *83*, 24—27, 1951. — **54.** Smith, J. M.: Biological control of Klamath weed in British Columbia. Proc. 10. Int. Congr. Ent. (Montreal, 1956), *4*, 561—565, 1958. — **55.** Sweetman, H. L.: The Principles of Biological Control. Wm. C. Brown Comp., Dubuque, Iowa, 560 pp., 1958.

56. Thorpe, W. H.: Further studies on pre-imaginal olfactory conditioning in insects. Proc. Roy. Soc. London, Ser. B., *127*, 424—433, 1939. — **57.** Thorpe, W. H.: Learning and Instinct in Animals, London, Methuen & Co., Ltd., 493 pp., 1956. — **58.** Thorsteinson, A. J.: The role of host selection in the ecology of phytophagous insects. Canad. Entomologist, *85*, 276—282, 1953. — **59.** Tillyard, R. J.: The biological control of noxious weeds. 4. Int. Congr. Ent. (Ithaca, N.Y., 1928), *2*, 4—9, 1929. — **60.** Tillyard, R. J.: The biological control of noxious weeds. Proc. Roy. Soc. Tasmania, 51—86, 1929. — **61.** Tinbergen, N.: Instinktlehre. Paul Parey, Berlin, 237 pp., 1952.

62. Usinger, R. L., & W. R. Kellen: The role of insects in sewage disposal beds. Hilgardia, *23*, 263—321, 1955.

63. Williams, J. R.: The control of black sage in Mauritius by *Schematiza cordiae* Barb. (Col., Galerucid). Bull. ent. Res., *42*, 455—463, 1951. — **64.** Williams, J. R.: The biological control of weeds. Rep. Sixth Commonw. Ent. Conf., London, 95—98, 1954. — **65.** Wilson, F.: The entomological control of St. John's wort *(Hypericum perforatum* L.). With particular reference to the insect enemies of the weed in Southern France. Austral. Council Sci. and Industr. Res. Bull., *169*, 1—87, 1943. — **66.** Wilson, F.: The entomological control of weeds. Intern. Union Biol. Sci., Ser. B., No. 5, 53—64, 1949. — **67.** Wilson, F.: Biological control of weeds. In: New Biology. Penguin Books No. 8, 51—74, 1950. — **68.** Wilson, F.: Some aspects of the control of weeds by insects. Proc. Seventh Pac. Sci. Cong., Roy. Soc. New Zealand, Wellington, *3*, 294—299, 1953. — **69.** Wilson, F.: Some aspects of the biological control of weeds in Australia. Weed Control Conf., Roseworthy Agr. College, Sess. 5, 105—113, 1954. — **70.** Wilson, F., & T. G. Campbell: Recent progress in the entomological control of St. John's wort. J. Counc. Sci. and Industr. Res., *16*, 45—56, 1943.

8. Probleme und Zukunftsaufgaben der biologischen Bekämpfung

Bis vor wenigen Jahrzehnten dominierte die Einfuhr von Nützlingen gegen zuvor eingeschleppte Schädlinge so sehr, daß eine Diskussion der damit zusammenhängenden Probleme einer Besprechung des Gesamtgebietes der biologischen Bekämpfungsverfahren gleichkam (12, 20). Diese Situation hat sich heute grundlegend geändert. Nicht nur hat die erfolgreiche Erforschung und praktische Nutzung neuer Teilgebiete, wie der mikrobiologischen Bekämpfung oder der Integration mit technischen Pflanzenschutzmethoden, das Gesamtgebiet bedeutend erweitert; auch die klassischen Verfahren des Nützlingsimportes aus fremden Faunenbereichen konnten durch verbesserte technische Möglichkeiten so ausgebaut werden, daß sich auf manchen Sektoren eine neue Situation ergeben hat. Andererseits entstanden durch die Intensivierung der Landwirtschaft und die zunehmende Verbreitung technischer, nicht selektiver Bekämpfungsverfahren neue Schwierigkeiten, z. B. bei den Bemühungen, eingeführte und angesiedelte Entomophagen dann unter diesen widrigen Umweltverhältnissen auch zu erhalten. Aus all dem ergibt sich die Notwendigkeit, in Ergänzung zu der bei jedem Einzelkapitel gegebenen Lageabschätzung hier die Problematik und Zukunftsaufgaben der biologischen Verfahren in ihrer Gesamtheit kurz zu diskutieren. Diese Zusammenfassung setzt also die Kenntnis der Einzelmethoden voraus und ist mit Bedacht an das Ende dieses Beitrages gestellt worden. Sie setzt sich gleichzeitig, in teilweiser Anlehnung an die Äußerungen berufener Fachleute (4, 7, 9, 19, 21), mit kritischen Gedanken von Laien (1, 2) und Fachleuten (14, 22) auseinander, in der

Absicht, bei einer solchen Erörterung nicht nur neue Möglichkeiten aufzuzeigen, sondern auch die Begrenzung der Methode zu betonen (10).

Die biologische Bekämpfung machte, zumal in den Ländern mit vielen eingeschleppten Schädlingen, häufig eine ähnliche Entwicklung durch. Auf eine extensive Phase der mehr oder weniger glückhaften Einfuhren geeigneter Feinde aus dem Herkunftsland mit einigen guten Ergebnissen folgte eine Zeit geringerer Erfolge mit der daraus entstehenden Reaktion gegen das Verfahren als solches. Je nach den verfügbaren Persönlichkeiten und Finanzmitteln begann dann gewöhnlich eine dritte Periode mit intensivierten Arbeitsmethoden, die sich u. a. durch folgendes von der ersten Periode unterschied: Einbeziehung von verschiedenen geographischen Herkünften der Feindarten, von zusätzlichen, z. T. bisher nur an Verwandten des zu bekämpfenden Schädlings beobachteten Feinden, Erschließung neuer Faunengebiete für die Beschaffung von Gegenspielern, Import auch von Krankheitserregern und bisher wenig genützten Organismengruppen, künstliche Adaptation von Feinden an neue Wirte/Beutetiere, rationelle Verfahren der Massenzucht von Krankheitserregern und Entomophagen, bessere technische Möglichkeiten bei Versand und Applikation (z. B. mit Flugzeug) in ökologisch unterschiedlichen Gebieten und exaktere, nach den Ursachen eventueller Fehlschläge fragende Erfolgskontrollen. — In dieser bisher nur in wenigen Ländern erreichten intensiven Phase der biologischen Bekämpfung wird dann auch in gleicher Weise für eingeführte und einheimische Nutzorganismen danach gefragt, welche Kultur- oder Bekämpfungsmaßnahmen ihre volle Entfaltung hemmen und ob sich diese abändern lassen.

Auf diese Weise wächst das Programm der biologisch arbeitenden Institute schneller als ihre Zahl und ihre Kapazität. Außer durch die neuen, in den Einzelkapiteln näher erläuterten Möglichkeiten in der Verfolgung alter, bisher ungelöster Vorhaben ergeben sich aus folgenden Gründen laufend neue Aufgaben: Ständig werden trotz aller Bemühungen der Quarantänedienste neue Schädlinge eingeschleppt; die bisher übliche Art intensiver Anwendung chemischer Mittel führte und führt vor allem bei Schadarthropoden zur Entstehung neuer widerstandsfähigerer Rassen; manche Form intensiver Pflanzenkultur oder Pflanzenzucht ergibt höhere Erträge, bringt aber gleichzeitig eine größere Gefährdung durch Schädlinge mit sich (z. B. bei alljährlich tragenden Apfelsorten in vielen Ländern, bei neuen Zuckerrohr-Rassen in den Tropen [19] u. a.). Es ist also berechtigt zu sagen, daß die Aufgaben für eine intensive Form biologischer Bekämpfung, die alle zu Gebote stehenden Möglichkeiten nutzt, laufend zunehmen.

Ob sich diese Aufgaben bewältigen lassen, hängt in jedem Einzelfall unter anderem von den beteiligten Schad- und Nutzorganismen, den ökologischen Bedingungen am Schadort und der für jedes Vorhaben angewandten Energie geistiger und finanzieller Art ab. Generalisierende Voraussagen, die darüber hinausgehen, daß mit verbesserten Kenntnissen und erhöhtem Energieaufwand sehr wahrscheinlich auch mehr Erfolge möglich sein werden, lassen sich prinzipiell nicht machen, da die beteiligten Faktoren weder bekannt sind noch konstant bleiben. Auch wenn die Lebensweise und die ökologischen Ansprüche der beiden Antagonisten bekannt sind und wenn stets die gleiche Anstrengung zur Lösung eines Problems gemacht wird, ist das Endergebnis bei unserer unvollkommenen Kenntnis vom Zusammenwirken der Einzelfaktoren nicht voraussagbar. Die Lösung neuer Probleme in der biologischen Bekämpfung

bleibt also vorläufig eine empirische Angelegenheit (7). Allerdings läßt sich durch die dringend notwendige Grundlagenforschung erreichen, daß man vom intuitiven Raten zum begründeten Abschätzen übergeht, das in besonders einfach gelagerten Fällen einer sicheren Voraussage nahekommt.

Viele Fehlschläge biologischer Verfahren entstehen sicher durch die schlechte Voraussagbarkeit der Versuchsergebnisse. Tatsächlich ist jede Umsiedlung und jede sonstige neuartige Verwendung von Organismen ein Experiment mit ungewissem Ausgang. Oft lassen sich importierte Entomophagen auch unter günstig erscheinenden Umweltverhältnissen nicht ansiedeln oder sie verschwinden nach wenigen Generationen wieder (z. B. *Chilocorus similis* Rossi [Coccinellidae], Räuber an Schildläusen, 1901 aus Japan nach Georgia, USA, importiert, verschwand dort nach 4 Jahren [6]). Von etwa 390 aus allen Teilen der Welt nach den Vereinigten Staaten eingeführten und dort freigelassenen Entomophagen-Arten wurden dort nur 95 (81 Parasiten und 14 Prädatoren) beständig heimisch. Weitere 175 importierte Arten wurden gar nicht erst freigelassen, da die Umstände ungünstig erschienen (6). Nur ein Teil der angesiedelten Arten trug schließlich so zu einem Rückgang von Schädlingen bei, daß man ihn als wirksam bezeichnen darf (vgl. den Abschnitt über Wirksamkeit von Entomophagen S. 156). Daher ist die in diesem Beitrag häufig gebrauchte Bezeichnung „Nützling" statt „natürlicher Feind", „Entomophage" o. ä. streng genommen nur gerechtfertigt, wenn der betr. Organismus sich als „nützlich" bewährt hat.

Wie diese Betrachtung zu zeigen scheint, waren die meisten Experimente zur Einfuhr natürlicher Feinde Fehlschläge. Prüft man aber die Erfolgsstatistik anderer Pflanzenschutzverfahren auf die gleiche Weise, so erhält man ein ähnliches Ergebnis, z. B. bei der Züchtung resistenter Kulturpflanzen und sogar bei der chemischen Bekämpfungsmethode. Würden alle Entwicklungslaboratorien die Ergebnisse ihrer Versuchsreihen bei der Suche nach neuen pestiziden Verbindungen publizieren, so wäre der Erfolgsprozentsatz zweifellos noch viel geringer. Biologische Bekämpfung ist angewandte Ökologie, und fast jedes Experiment wird wegen seiner allgemeinen Bedeutung veröffentlicht, auch wenn es, praktisch betrachtet, ein Mißerfolg war. Solche mißlungenen Ansiedlungsversuche dürfen jedoch nicht ohne weiteres zu Ungunsten der biologischen Methode an sich gerechnet werden (12). Lassen sich von 10 eingeführten Entomophagen nur 2 einbürgern und vermindern diese den Schädling beträchtlich, so ist der Versuch gelungen. Man kann in diesem Fall also nicht von 8 „Fehlschlägen" sprechen, da das Ziel die Bekämpfung des Schädlings war und nicht die Ansiedlung möglichst vieler Feinde (17). Das gleiche gilt cum grano salis für die Teste mit ungeeigneten Präparaten der Industrie, deren Zahl zudem unbekannt ist.

Wichtiger noch als diese Unvergleichbarkeit statistischer Unterlagen ist aber die Definition dessen, was man als „Erfolg" bezeichnen soll. Vollerfolgreich sind sicher solche Nutzorganismen, die bei einmaliger Freilassung oder bei jeder Applikation eine andere Form der Bekämpfung erübrigen. Dabei ist die Dauerwirkung einmal eingeführter Lebewesen (nur bei dieser Form der biologischen Verfahren ist sie zu erwarten) zweifellos die ideale Lösung jedes Bekämpfungsproblems. Eine solche anhaltende Reduktion des Schädlings rentiert auf jeden Fall die ursprünglich für das Vorhaben aufgewendeten Mittel. Beispiele für volle und andauernde Erfolge finden sich im Text der vorhergehenden Abschnitte. Lebewesen,

die ihre Nährpflanzen (bei der Unkrautbekämpfung) oder ihre Wirte/Beutetiere (bei der Schädlingsbekämpfung) so wirksam begrenzen, daß weitere menschliche Maßnahmen überflüssig werden, können dies stets nur unter dem gleichzeitigen Einwirken von Umwelteinflüssen, die eine solche Tätigkeit begünstigen (8, 15) (vgl. auch S. 29). Überträgt man solche Feindarten in andere Gegenden mit anderen Lebensbedingungen, so läßt sich, wie gesagt, der Erfolg nicht sicher voraussagen (vgl. S. 162). Das biologische Verfahren ist also naturgemäß umweltlabiler als das chemische.

Außer dem vollen Erfolg mit dauernder oder zeitlich begrenzter Wirkung gibt es aber in der biologischen Bekämpfung noch alle Übergänge des Teilerfolges bis zum Mißerfolg. Von einem T e i l e r f o l g kann man sprechen, wenn der Schaden, manchmal nur örtlich oder zeitlich beschränkt, zurückgegangen ist als eindeutige Folge der Verwendung von Nutzorganismen und wenn dadurch, soweit andere Bekämpfungsverfahren überhaupt in Frage kommen, diese eingeschränkt werden können. Teilerfolge sind in der biologischen Bekämpfung viel häufiger als volle Erfolge. Ein Rückgang des Schadens läßt sich im Prinzip nur dann als „Erfolg" deklarieren, wenn die Aufwendungen hierfür nicht größer waren als der dadurch erzielte langfristige Mehrertrag (vgl. unten). Beispiel: Die Einfuhr der parasitischen Tachine *Lixophaga diatraeae* Tns. zur Bekämpfung von *Diatraea saccharalis* L. an Zuckerrohr senkte seit 20 Jahren den Schaden durch Zuckerverlust auf St. Kitts (Karibische See) von 10 % auf 3,5 % (3). In einem solchen Fall läßt sich die Rentabilität eindeutig berechnen. Zahlreiche weitere Beispiele für Teilerfolge sind im Text angeführt, im allgemeinen aber nicht leicht zahlenmäßig einzustufen. Bedeutet doch z. B. schon die Senkung der Populationsdichte eines Schädlings auch dann einen Teilerfolg, wenn die Gefahr einer weiteren Ausbreitung oder Verschleppung dadurch verringert wird, obwohl manchmal trotzdem chemische und kulturelle Bekämpfungsverfahren weitergehen müssen (z. B. *Dacus dorsalis* Hend. auf Hawaii). Wie besprochen ist die Abschätzung des Erfolges bei biologischen Verfahren schwieriger als bei chemischen (s. S. 237).

Bei dieser Diskussion der Erfolgswertung sei eingeschaltet, daß das Ziel biologischer Verfahren im allgemeinen n i c h t d i e A u s r o t t u n g d e s S c h ä d l i n g s, sondern die Herstellung eines neuen Gleichgewichtszustandes in der Biozönose ist, bei dem der zuvor bekämpfte Organismus zu selten ist, um weiter schaden zu können. Ein abgepuffertes System, in dem spezifische natürliche Feinde durch die Weiterexistenz ihrer Opfer selbst überleben können, ist gegen Neueinschleppungen besser gesichert, als wenn der alte Zustand wieder hergestellt würde. Lediglich beim Arbeiten mit sterilisierten Artgenossen (vgl. S. 18) muß eine Ausrottung angestrebt werden, da keine dauernd wirksamen Feinde übrig bleiben und die Kosten des Verfahrens für ständige Anwendung zu hoch liegen. Die Nachteile der Ausrottung zeigen Beispiele aus Puerto Rico, wo wegen der geringen Arealgröße einige eingeführte Nützlinge (*Chilocorus cacti* [L.] und *Bufo marinus* [L.]) ihre Beutetiere und damit sich selbst eliminiert haben und dann bei erneuten Einschleppungen nicht mehr eingreifen konnten (25). Dies dürfte jedoch nur auf Inseln manchmal möglich sein, da gewöhnlich die Suchfähigkeit auch der „besten" Feindarten nicht ausreicht, die letzten Opfer zu finden. Ohne Zweifel würden Populationen mit noch besserer Suchleistung der Selektion erliegen. Die Vorstellung, Feinde aus anderen Faunenbereichen könnten

ihre Opfer ausrotten (1, 2), widerspricht den vorliegenden Erfahrungen (11 a). Die Kehrseite davon, daß natürliche Feinde ihre Opfer im allgemeinen nicht ausrotten, ist die Folgerung, daß biologische Verfahren nicht ausreichen, wo eine solche totale Vernichtung gewünscht wird, wie z. B. bei Überträgern von pflanzenpathogenen Viren.

Die Begrenztheit jedes Verfahrens der Schädlingsbekämpfung wird von allen Fachleuten zugegeben. Für die chemische Bekämpfung sind Einzelheiten in speziellen Abschnitten enthalten (s. S. 206). Eine Reihe von Schädlingsproblemen hat sich als ungeeignet für eine biologische Bekämpfung herausgestellt (z. B. *Scyphophorus acupunctatus* Gylh., ein Rüsselkäfer an Sisal in Afrika, *Melittoma insulare* Fairm. [Lymexylonidae], ein Kokospalmenschädling auf den Seychellen, u. a.) (19). Dies trifft auch für andere Arten zu, die in ihrem ganzen Verbreitungsgebiet keine wirksamen natürlichen Feinde haben und bei denen auch die Übertragung von Feinden verwandter Arten nicht gelingt. — Besonders hingewiesen sei hier nochmals auf das Problem der gegenseitigen Beziehungen von natürlichen Feinden. Es umfaßt eine weite Skala, die von der intra- und interspezifischen Konkurrenz (Super- und Multiparasitismus, Ameisen und Parasiten usw.) bis zur gegenseitigen Förderung (Synergismus von Virosen, Übertragung von Krankheiten durch Insekten und Vögel usw.) reicht. Auch die biologische Unkrautbekämpfung kann durch die Einfuhr von Entomophagen beeinträchtigt werden: Unter den nach Hawaii eingeführten Parasiten der Fruchtfliegen belegte eine Art (*Diachasma tryoni* [Cam.]) auch *Procecidochares utilis* Stone (Tephritidae), die sich als wirksamer Feind des Unkrautes *Eupatorium adenophorum* Spreng. gezeigt hatte (vgl. S. 288) (5). Allerdings blieb der Erfolg der Unkrautvertilgerin trotzdem erhalten. Um Rückschläge zu vermeiden, falls eine Feindart durch solche biotischen Widerstände ausfällt, strebt man heute zumeist die durch mehrere Einzelglieder gesicherte Begrenzung des Schädlings an und versucht, viele der brauchbaren Feindarten zugleich zu verwenden.

Zu der erwähnten Beschränkung der Leistungsfähigkeit biologischer Verfahren, die darauf beruht, daß keine Feinde existieren oder daß sie andere Lebewesen stören, kommt eine ökologisch-geographisch bedingte Begrenztheit. Verbreitet ist auch heute noch die Anschauung, daß biologische Verfahren am besten auf Inseln und im tropischen Klima anwendbar seien (22). Die Unterscheidung zwischen „Inseln" und „kontinentalen Gebieten" ist zu allgemein im Verhältnis zu der komplexen ökologischen Situation — ganz abgesehen davon, daß diese Überlegungen nur für die Einfuhr von Feinden aus anderen Gebieten gelten und nicht z. B. für die mikrobiologische Methode.

Es gibt tropische Inseln (Neu Guinea, Madagaskar), die keine ökologischen Gegensätze zum Festland zeigen und keine einfacheren Verhältnisse aufweisen als dieses. Sinnvoll erscheint dagegen eine Unterscheidung von Gegenden mit annähernd gleichmäßigem Klima von solchen mit starken Kontrasten, wie Sommer und Winter oder Trocken- und Regenzeit. In den letztgenannten Gebieten wird das Insektenleben zeitweilig von einer Ruheperiode mit zumeist hoher, abiotisch bedingter Sterblichkeit unterbrochen. Solche ungünstigen Zeiten gibt es auch auf manchen tropischen Inseln, z. B. auf Trinidad (19). Andererseits kann ein kontinentales Klima auch die Wirksamkeit natürlicher Feinde unterstützen und plurivoltinen Parasiten mehrere Generationen im gleichen, ruhenden Wirtsstadium ermöglichen. Wie eine Anzahl von Beispielen zeigt, ließen sich auch in extrem gleichförmigen, kontinentalen Gebieten eindeutige Erfolge durch die Einfuhr von Nutzorganismen erzielen. Genannt seien aus Kanada die erfolgreiche Bekämpfung der Weizenhalmwespe *Cephus pygmaeus* (L.) durch

Collyria calcitrator (Grav.), der Fichten- und Kiefernblattwespen *Diprion hercyniae* (Htg.) bzw. *Neodiprion sertifer* (Geoffr.) durch eingeführte Virusseuchen, die teilweise durch ebenfalls importierte Parasiten übertragen werden; oder aus Südafrika die Bekämpfung des Eukalyptus-Rüßlers, *Gonipterus scutellatus* Gyll., durch *Anaphoidea nitens* Gir. (Mymaridae) (24). Auch die zahlreichen positiven Beispiele aus Kalifornien passen nicht in das Schema der „ökologischen Insel", wie man diesen Staat genannt hat, denn dort gibt es eine sehr reiche Vegetation und Fauna, die sich ohne geographische Barrieren nach Norden erstrecken. Natürlich sind überall die meisten Kulturfelder oder Citrusplantagen insoweit ökologische Inseln, als sich die gleichen Außenbedingungen nicht über unbegrenzte Flächen ausdehnen, eine Begrenzung, die auch für zahlreiche natürliche Biotope zutrifft. — Schließlich kommen auch auf subtropischen Inseln Fehlschläge des biologischen Verfahrens vor: So mißlang kürzlich auf Bermuda die Bekämpfung von Schildläusen (*Carulaspis minima* [Targ.]) an der „Bermuda-Zeder" (*Juniperus bermudiana* L.) durch eingeführte Räuber und Parasiten. Die Ursachen waren räuberische Eidechsen und vor allem eine überaus hohe Empfindlichkeit der Bäume gegen die eingeschleppten Schildläuse, wie sie nur in der insulären Isolation dieser Lage hatte entstehen können; daher starben Bäume ab, auch wenn sie nur ganz schwach befallen waren.

Wir sehen, die Vorstellung von den bevorzugten tropischen Inseln und den ungünstigen kontinentalen Lagen vereinfacht die Wirklichkeit zu weitgehend. Die Schnelligkeit, mit der sich eine importierte Nützlingsart durchsetzt, ist naturgemäß auf kleinen Inseln größer. Außerdem sind solche tropischen Inseln im allgemeinen begünstigt, die, wie Hawaii, die Fidschi Inseln u. a., ein ausgeglichenes Klima und eine arme endemische Lebewelt besitzen. Hier können sich Entomophagen, allerdings auch eingeschleppte Schädlinge, leichter und ohne Konkurrenz durchsetzen. Abweichungen von dieser Optimallage mögen diesen oder jenen Nützling unwirksam machen. Die neueren Erfahrungen haben aber gelehrt, daß grundsätzlich auch die Einfuhr neuer Nutzorganismen, erst recht natürlich die Verwendung von Krankheitserregern oder die Kombinationen chemischer und biologischer Verfahren, in kontinentalen und gemäßigten Klimaten möglich sind (vgl. auch 23). Erst an der Grenze des Verbreitungsgebietes schädlicher Arten gibt es offenbar Zonen, wo Entomophagen nur noch selten oder gar nicht mehr zur Begrenzung der Art beitragen können (vgl. S. 149). Wegen der besonderen Situation in Deutschland sei auf speziell dieses Thema behandelnde Arbeiten verwiesen (11, 18).

Abschließend sei noch die Beziehung des biologischen zu dem technischen Verfahren besprochen, die eng mit der finanziellen, der volkswirtschaftlichen und der psychologischen Seite jeder Schädlingsbekämpfung verbunden ist. Technische und biologische Bekämpfung von Pflanzenschädlingen und Unkräutern wollen beide die Produktion von Kulturpflanzen erhöhen; in den typischen Fällen gehen sie verschiedene Wege. Die erste Methode versucht, schnell und durchschlagend einen augenblicklichen, unmittelbar bevorstehenden Schaden zu beseitigen oder zu verhindern, während sich biologische Verfahren stets mehr um die Nachhaltigkeit und stets weniger um die Geschwindigkeit des Erfolges bemühen; dabei kann Nachhaltigkeit durch direktes Weiterwirken der verwendeten Nutzorganismen erreicht werden oder auf der selektiven Wirkung an sich kurzlebiger Feindarten, wie z. B. mancher Krankheitserreger, beruhen, die es einer gradationshemmenden Biozönose erlaubt, ihre regulatorische Funktion weiter auszuüben. Aus dieser im Prinzip klaren Trennbarkeit beider verglichenen Methoden wird verständlich, warum eigentliche Konkurrenz in typisch gelagerten Fällen ebenso wenig vorkommen sollte, wie es zwischen Feuerwehr und feuerfester Bauweise eines

Hauses einen direkten Wettbewerb gibt (10). Für die rein biologischen Verfahren erscheinen die Fälle geeignet, in denen wirksame Feinde einheimischer oder eingeschleppter Schadorganismen entweder aktiviert oder angesiedelt werden können. Dabei ist es im Prinzip gleichgültig, ob sich dies in völlig natürlichen, extensiv bewirtschafteten oder auch intensiv kultivierten Gebieten abspielt, soweit sich in den letzteren eine „Manipulation des natürlichen Gleichgewichtes" betreiben läßt (z. B. in Gewächshäusern, Citrusplantagen usw.). Die Einbürgerung natürlicher Feinde ist wegen der Billigkeit und Dauerhaftigkeit oft das einzige Verfahren, das in nicht intensiv genutzten Gebieten in Frage kommt. Überhaupt ist die „Rentabilität" eines Pflanzenschutzverfahrens nur im Zusammenhang mit der gesamten wirtschaftlichen Struktur eines Landes zu beurteilen. So dürfte die Zucht von *Trichogramma*-Wespen in vielen einzelnen Kolchosebetrieben Rußlands rentabel sein, ein Verfahren, das in dieser Form in den USA angesichts der dortigen hohen Arbeitslöhne von vornherein ausscheidet. Geeignete natürliche Feinde und günstige Außenbedingungen müssen allerdings stets vorhanden sein. Die Lebensbedingungen sind in einförmigen Biotopen, in Monokulturen, zumeist für Schädlinge günstiger als für ihre Gegenspieler. Es gilt daher, wenn man biologische Abwehrkräfte nutzen will, Pflanzenbau und Pflanzenschutz in Kulturlandschaften auch darauf auszurichten, Nutzorganismen eine gewisse Entfaltung zu erlauben. Daß damit nicht an ein „zurück zur Natur" gedacht wird, dürfte aus den vorhergehenden Ausführungen klar geworden sein. Überall, wo diese Voraussetzungen nicht erfüllt sind oder nur mit einem unrentabel hohen Aufwand geschaffen werden können, sind technische oder ihre Kombination mit biologischen Maßnahmen notwendig. Je nach der Anfälligkeit der Einzelpflanze und des Pflanzenbestandes, die selbst wieder durch Maßnahmen des kulturellen Pflanzenschutzes zu beeinflussen ist, setzt dieser Abwehrkampf gegen Schädlinge der Kulturpflanzen früher oder später ein. Die im speziellen Fall geeignetste und, auf die Dauer gesehen, rentabelste Methode zu finden, gehört mit zu den schwierigsten Aufgaben gegenwärtiger Pflanzenschutzforschung.

Die eine Seite der Wechselwirkung zwischen technischen, vor allem chemischen Verfahren und biologischen Methoden ist im speziellen Teil bereits besprochen worden (S. 204 ff.). Dabei ging es im wesentlichen um die mehr oder weniger starke Behinderung von Entomophagen durch Pflanzenschutzmittel und um die zahlreichen Möglichkeiten, trotz chemischer Bekämpfung diese Nutzarthropoden zu verschonen und zu verwenden. Die andere Seite dieser Wechselwirkung äußert sich in einer zunehmenden gegenseitigen Angleichung gewisser Zweige beider Verfahren. Die Erkenntnisse über die Bedeutung von Nutzarthropoden und über die Gefahr von breitenwirksamen Mitteln veranlassen die Industrie, mehr und mehr spezifische Mittel zu schaffen, deren Warmblüter-Toxizität zudem ständig gesenkt wird. Auch manche Methoden eines langfristigen chemischen Schutzes von Kulturpflanzen bürgern sich ein (z. B. Sameninkrustierung, Injektion systemischer Mittel u. a. m.). Andererseits ähneln manche Techniken der biologischen Bekämpfung immer mehr denen der Industrie, so die rationelle Massenzucht mancher Entomophagen (s. S. 215) oder die industrielle Großproduktion insektenpathogener Krankheitserreger *(Bacillus thuringiensis)* (s. S. 81).

Die entsprechende Angleichung bestimmter Teilgebiete beider Verfahren zeichnet sich schließlich auch bei ihrer Finanzierung ab. Im typischen Fall wird die

Produktion chemischer Pflanzenschutzmittel auf privatwirtschaftlicher Basis betrieben, und der Verbraucher zahlt mit dem regelmäßig zu entrichtenden Kaufpreis nachträglich auch die erheblichen Unkosten für Forschung und Propaganda. Biologische Verfahren benötigen in nahezu allen Fällen die Förderung durch den Staat oder genossenschaftliche Erzeugervereinigungen, von denen z. B. die Hawaiian Sugar Planters Association eine besonders erfolgreiche Tradition besitzt (16). Ohne ein Minimum an Ausrüstung kann ein Laboratoium für biologische Bekämpfung nicht arbeiten. Dazu kommen v o r Beginn der von jedem Geldgeber gewünschten praktischen Arbeit eine je nach den finanziellen Mitteln und sonstigen Umständen mehr oder weniger ausgedehnte Periode der ökologischen, physiologischen und pathologischen Grundlagenforschung über die mit dem Vorhaben zusammenhängenden Probleme. Der berechtigte Vorwurf, biologische Bekämpfung sei allzu oft der Import eines schlecht bekannten Tieres aus nicht untersuchten alten in ebenfalls ungeprüfte neue Lebensbedingungen gewesen, ist dadurch entstanden, daß die geldgebenden Stellen selten über genügend Einblick in die Fachfragen verfügten, um die Notwendigkeit solcher Grundlagenarbeiten voll ermessen zu können. Schließlich kommen die durch Einbürgerung neuer Nutzorganismen entstandenen Vorteile der Land- und Forstwirtschaft gewöhnlich abgabenfrei zugute. Die Prinzipien der Finanzierung sind also bei den verglichenen Verfahren des Pflanzenschutzes auf den ersten Blick recht verschieden (10).

Trotzdem nähern sich heute offenbar auch auf dem finanziellen Sektor chemische und biologische Methoden einander, wenigstens in manchen Teilgebieten. Schon seit längerer Zeit kann der Farmer in Nordamerika Nutzinsekten zum Freilassen in seinen eigenen Anlagen von privatwirtschaftlich betriebenen Insektarien kaufen. Dazu kommt als ganz wesentlicher Schritt zunehmender Angleichung die Möglichkeit, gebrauchsfertige Präparate mit Krankheitserregern für Insekten, in manchen Ländern auch für Nager, erwerben zu können. Auf der anderen Seite verliert der chemische Pflanzenschutz immer mehr von seinem narrensicheren Routinecharakter und wird zum Spezialgebiet, in dem neben dem Wirtschaftler und Chemiker auch der Biologe ein gewichtiges Wort mitzusprechen hat. Nur auf dieser Basis zunehmender Annäherung sind auch die im Spezialteil ausführlich besprochenen Methoden der Integration biologischer und technischer Verfahren durchführbar und vielversprechend. Über die Bedeutung gerade dieses Zweiges der Schädlingsbekämpfung sind sich die Fachleute aller Richtungen einig (13).

Das Fazit aus dieser Diskussion läßt sich auch im Hinblick auf die zukünftige Entwicklung etwa so ziehen: Die gegenwärtige Arbeit tendiert, wenigstens auf bedeutsamen Teilgebieten, auf einen s p e z i a l i s i e r t e n K o m p r o m i ß hin, der — soweit das der Natur der Sache nach möglich ist — darauf abzielt, die Vorteile beider Verfahren ohne ideologische Scheuklappen zu studieren und zu nutzen. Nur so ist in dicht besiedelten Ländern mit einem ständigen Bedarf an guten und reichen Ernten eine elastische Umstellung mancher veralteter Verfahrensweisen denkbar. Ein solcher Weg verlangt allerdings, nicht auf die Allmacht der Menschen über die Natur zu vertrauen, sondern unter größtmöglicher Schonung natürlicher Abläufe sich um Lösungen zu bemühen, die ein unter den jeweiligen Wirtschaftsbedingungen erreichbares H ö c h s t m a ß a n n a c h h a l t i g e r R e g u l a t i o n s f ä h i g k e i t d e r B i o z ö n o s e a u c h i n K u l t u r l a n d s c h a f t e n erlauben.

Literatur zu 8

1. Boettger, C. R.: On biological pest control. Proc. 10. Int. Congr. Ent. (Montreal, 1956), *4*, 875—878, 1958. — 2. Boettger, C. R.: Gedanken zur biologischen Schädlingsbekämpfung. Z. angew. Zool., *46*, 1—9, 1959. — 3. Box, H. E.: Sugar cane moth borer *(Diatraea)* investigations (Report 1953). Zit.: (19).

4. Clausen, C. P.: Biological antagonists in the future of insect control. J. Agric. Food Chem., Washington, 2 (1), 12—18, 1954. — 5. Clausen, C. P.: Biological control of fruit flies. J. econ. Ent., *49*, 176—178, 1956. — 6. Clausen, C. P.: Biological control of insect pests in the continental United States. US.-Dept. Agric., Techn. Bull. No. 1139, 151 pp., 1956. — 7. Clausen, C. P.: Biological control of insect pests. Ann. Rev. Ent., *3*, 291—310, 1958.

8. DeBach, P.: The role of weather and entomophagous species in the natural control of insect populations. J. econ. Ent., *51*, 474—484, 1958.

9. Fleschner, C. A.: Biological control of insect pests. Science, *129*, 537—544, 1959. — 10. Franz, J.: Neue Möglichkeiten und Ergebnisse der biologischen Schädlingsbekämpfung. Mitt. Biol. Zentralanst. (75), 12—22, 1953. — 11. Franz, J.: Möglichkeiten, Grenzen und Aufgaben der biologischen Schädlingsbekämpfung in Deutschland. Anz. Schädlkde., *27*, 97—102, 1954. — 11 a. Franz, J.: Besprechung der Arbeiten C. Boettger ([1] und [2]), in Z. Pflkrankh., *67*, 254, 1960.

12. Imms, A. D.: Recent Advances in Entomology. 2. Aufl., London, 1937.

13. Kotte, W.: Sinn, Wert und Grenzen der biologischen Schädlingsbekämpfung. Dtsch. Gartenbauwirtschaft, *5*, 232—235, 1957.

14. Milne, A.: The natural control of insect populations. Canad. Entomologist, *89*, 193—213, 1957. — 15. Milne, A.: Weather, enemies and natural control of insect populations. J. econ. Ent., *52*, 532—533, 1959.

16. Pemberton, C. E.: History of the Entomology Department Experiment Station, H. S. P. A. 1904—1945. Hawaii. Plant. Rec., *52*, 53—90, 1948.

17. Sachtleben, H.: Biologische Bekämpfungsmaßnahmen. Handb. d. Pflkrankh. VI, 2. Halbband, P. Parey, Berlin, 1—120, 1941. — 18. Sachtleben, H.: Die biologische Bekämpfung und ihre praktische Bedeutung in Deutschland. Z. Pflkrankh., *53*, 86—93, 1943. — 19. Simmonds, F. J.: The present status of biological control. Canad. Entomologist, *88*, 553—563, 1956. — 20. Sweetman, H. L.: The Biological Control of Insects. Comstock Publishing Comp., Inc., Ithaca, New York, 461 pp., 1936. — 21. Sweetman, H. L.: The Principles of Biological Control. Wm. C. Brown Comp., Dubuque, Iowa, 560 pp., 1958.

22. Taylor, T. H. C.: Biological control of insect pests. Ann. appl. Biol., *42*, 190—196, 1955. — 23. Thompson, W. R.: A contribution to the study of biological control and parasite introduction in continental areas. Parasitology, *20*, 90—112, 1928. — 24. Tooke, F. G. C.: The eucalyptus snout-beetle *Gonipterus scutellatus* Gyll., a study of its ecology and control by biological means. Union S. Afr. Dept. Agric., Ent. Mem., *3*, 1—282, 1955.

25. Wolcott, G. N.: The evanescence of perfect biological control. Proc. 10. Int. Congr. Ent. (Montreal, 1956), *4*, 511—513, 1958.

Dritter Abschnitt

Die technischen Mittel des Pflanzenschutzes

Von Dr.-Ing. H. Koch, Braunschweig und Dr. rer. nat. H. Goossen, Münster/W.

Dieses Kapitel kann im Rahmen des Handbuches der Pflanzenkrankheiten lediglich eine zusammenfassende und allgemeine Übersicht über das umfangreiche Gebiet der Pflanzenschutztechnik geben. Es soll ermöglichen, sich über das Wesentliche der Art der Schädlingsbekämpfungsverfahren, des Prinzips der Technik und der Erfahrungen beim Einsatz von Pflanzenschutzgeräten zu informieren. In Umrissen wird auch die Entwicklung der Pflanzenschutztechnik im Ausland behandelt. Das Allgemeingültige und voraussichtlich Beständige am Verfahren und an der Gerätetechnik steht im Vordergrund. Die Abbildungen werden vielfach als Konstruktions- und Schemazeichnungen gebracht, um in erster Linie das Arbeitsprinzip der Geräte herauszustellen. Dies verschafft dem Kapitel über einen längeren Zeitraum Aktualität und beugt der Gefahr des Veraltens vor, das heute bei den fast täglichen Neuerungen und Verbesserungen an den Geräten sehr schnell eintreten kann.

I. Geschichtlicher Überblick über die Entwicklung der technischen Mittel (Geräte)

Nach alten Quellen dürfte sich der erste Einsatz von Pflanzenschutzgeräten gegen Schadvögel gerichtet haben. Schon 2000 v. Chr. haben Assyrer gegen schädliche Vögel Fallen verwendet. Plautus (254—184 v. Chr.) und Varro (116—27) empfehlen gegen Mäuse Fallen, Vergil (70—19) gegen Vögel Scheuchen und lärmende Abschreckgeräte.

Obwohl die Beizung eine der ältesten Pflanzenschutzmaßnahmen ist — Plinius (23—79 n. Chr.) berichtet bereits über die Behandlung des Getreidesaatgutes, auch in späteren Quellen wird Beizen von Saatgut noch häufiger erwähnt —, beginnt die Entwicklung von Beizgeräten erst relativ spät (7). Zur Naßbeizung bedurfte man keiner besonderen Geräte, da hierzu praktisch alle möglichen Behälter benutzt werden konnten. Nach 1920 zeigt sich mit dem Aufkommen der Trockenbeizung, daß einfaches Vermischen von Beizmitteln und Saatgut nicht genügt, sondern ein Anreiben des Pulvers an das Saatgut erforderlich ist. Damit ist die Verwendung eines Apparates nicht zu umgehen. Auch für die Durchführung der Kurznaßbeizung werden geeignete Geräte notwendig. Als in der Praxis mehr und mehr die Einsicht Platz greift, daß das Saatgut vor der Aussaat unbedingt zu reinigen sei, kommt sehr bald der Gedanke auf, daß man Reinigen und Beizen in einem Arbeitsgang durchführen könne. Entsprechende Geräte ermöglichen die fortlaufende Beizung des Saatgutes im Anschluß an die Reinigung.

Erst im 19. Jahrhundert beginnt die Entwicklung von Spritz- und Stäubegeräten im heutigen Sinne (1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9). Vorher bediente man sich zur Verteilung von Flüssigkeiten gegen Pflanzenkrankheiten oder -schädlinge der Strohwische und Besen aus Ginster oder Heidekraut. Ein rückentragbares Gefäß, aus dem durch eigene Schwere Flüssigkeit durch ein Ableitungsrohr abfließt und durch eine Brause in Tropfen aufgeteilt und über die Pflanzen verteilt wird, kann als erstes Spritzgerät angesehen werden. Der Abfluß wird bald durch einen Sperrhahn geregelt. 1874 ersetzt man in USA die Brause erstmals durch einfache Spritzköpfe, in denen die Brühe durch Windungen gebrochen wird. Als 1878 die Peronospora in die europäischen Weinbaugebiete eingeschleppt wird und eine regelmäßige Bespritzung der Reben notwendig macht, baut in Frankreich Vermorel, Villefranche, die ersten wirklich brauchbaren Spritzgeräte. Der Weinbau verfügt also über die ältesten Erfahrungen in der Spritztechnik. Bei den in Frankreich gebauten

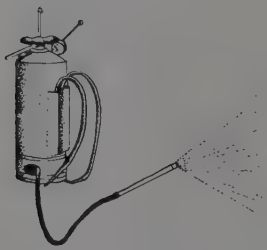


Abb. 65: Erste selbsttätige Spritze (Holder, 1898)

Abb. 66: Karrenspritze

Spritzen wird die Flüssigkeit unter Druck aus dem Behälter gepreßt und zur Verteilung gebracht. Gleichzeitig beginnt die Verbesserung der Spritzköpfe. Zur Regulierung von Druck und Brechung wird ein Metallkegel (Schnecke) in die Höhlung des Spritzkopfes eingesetzt. Seit dem Jahre 1880, als sich auch in den deutschen Weinbaugebieten die Peronospora ausbreitet, werden in Deutschland Membran- und Kolbenspritzen — zunächst nach französischem Muster — hergestellt. Die deutsche Geräteindustrie bleibt aber nicht beim Bau dieser Gerätearten stehen, sondern entwickelt neue Typen und Methoden (Abb. 65).

Die ersten zwei Jahrzehnte unseres Jahrhunderts gelten hauptsächlich der weiteren Vervollkommnung rückentragbarer Spritzen, die mit Erfindung der Hochdruckspritze (Batteriespritze) zu einem gewissen Abschluß kommt. In das dritte Jahrzehnt fällt die Schaffung kleiner Hand- und Motorfüllpumpen. Die Einführung des Hochdruckschlauches in die Spritztechnik um das Jahr 1928 ermöglicht den Übergang zum Schlauchspritzen. Zum Pflanzenschutz im Weinbau kommt die Durchführung von Bekämpfungsmaßnahmen im Hopfen- und Obstbau. Für die Behandlung dieser Kulturen ergibt sich bei günstigeren Geländeverhältnissen ein Bedarf an fahrbaren Geräten. Gleichzeitig wird es erforderlich, größere Brühemengen auszubringen. Erst als es möglich ist, die Arbeitsdrücke zu erhöhen, kommt es nach dem ersten Weltkrieg zu allgemeinerem Einsatz von Spritzen im Obst- und Hopfenbau.

Ein im Obstbau gebräuchlicher Spritzentyp, die Brettspritze, entsteht bereits um die Jahrhundertwende. 1897 wird sie erstmals von der Fa. Hildebrandt hergestellt.

Im ersten Viertel des 20. Jahrhunderts verwendet man für einzelne Bäume die sogenannten rückentragbaren selbsttätigen Spritzen mit eingebauter Luftpumpe, für größere Bestände Karrenspritzen (Abb. 66).

Etwa vom Jahre 1925 an werden dann Karrenspritzen mehr und mehr durch Motorbaumspritzen, selbsttätige durch kombinierte Hochdruck- oder Batteriespritzen verdrängt. Die Technik des Baumspritzens mit Motorkraft entwickelt man in Nordamerika. Die Erfindung der verstellbaren Baumspritzrohre macht die umständliche Handhabung von Bambusrohren bei normalen Baumhöhen überflüssig. Während man in Amerika in Anpassung an die Plantagen Motorbaumspritzen von großen Ausmaßen baut, kommen in Deutschland in den Jahren 1930—1940 entsprechend dem Gelände und den Betriebsverhältnissen kleinere Typen von hoher Leistungsfähigkeit auf den Markt.

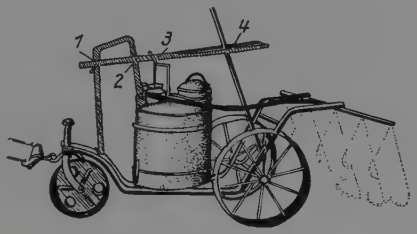


Abb. 67: Karrenspritze für Pferdezug mit Feldspritzrohr. (Werkbild: Holder)

Die Entwicklung der F e l d spritzen (4) geht auf den Kampf gegen Hederich mit Eisenvitriol zurück. Gegen Ende des 19. Jahrhunderts werden auf Karrenspritzen Feldspritzrohre aufgesetzt (Abb. 67). Im Jahre 1897 ist schon von einer pferdefahrbaren Feldspritze mit Handpumpe von Mayfarth die Rede. Die Pumpe der dann entwickelten „Hederichspritzen" wird durch das Laufrad angetrieben (Abb. 68, 69 u. 70). Etwa vom Jahre 1925 an macht man auch diese Spritzen durch Verwendung kleiner Motoren als Kraftquellen leistungsfähiger. Bekämpfung von Kartoffelkäfern, Krautfäule, Unkraut, Blattläusen und anderen Schädlingen und Krankheiten brachte dann eine stürmische Weiterentwicklung der Pflanzenschutzgeräte für den Feldbau.

Abb. 68: Hederichspritze. (Werkbild: Holder)

Abb. 69: Fahrbare Hederichspritze „Schultz-Soest III", etwa 1904. (Werkbild: Holder)

Zum Ausbringen von Stäubemitteln (8) (gemahlener Schwefel) zur Bekämpfung des Echten Mehltaues

Abb. 70: Radangetriebene Gespannspritze. (Holder, 1910)

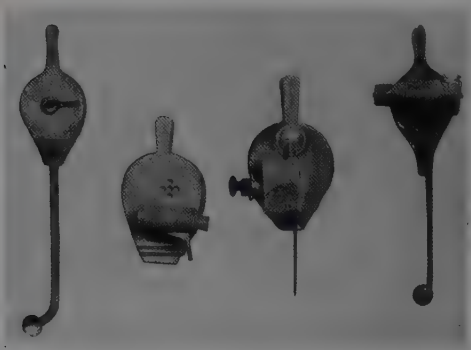


Abb. 71: Handstäuber (Rebenschwefler) aus dem 19. Jahrhundert (Deutsches Weinmuseum in Trier)

(Oidium Tuckeri Berk.) der Weinreben benutzt man zunächst die „Schwefelquaste", einen Pinsel, in dessen hohlen Stiel der Schwefel gefüllt wird und durch feine Poren am Pinselboden zwischen den Borsten herausrieselt oder auch eine Blechbüchse, aus deren durchlöchertem und mit Wollfäden versehenem Boden der Schwefelstaub beim Schütteln austritt. Bereits 1854 wird die Puder- und Schwefelquaste oder -dose durch eine mit Blasebalg versehene Verteilungsvorrichtung abgelöst. Seit den 90er Jahren bedient man sich mit Lederblasebälgen betriebener Handschwefler (Abb. 71). Zuerst benutzt man bei diesem Stäubertyp den Blasebalg gleichzeitig als Vorratsbehälter für den Schwefel. Später dient hierzu eine seitlich angebrachte Materialbüchse (Abb. 72 u. 73), durch die der Luftstrom getrieben wird.

Gegen Ende des 19. Jahrhunderts werden im Weinbau zunächst in Frankreich rückentragbare Stäuber benutzt (Abb. 74). Da diese Rückenstäuber anfangs nur zum Schwefeln von Weinreben verwendet werden, hat sich der Name Rückenschwefler

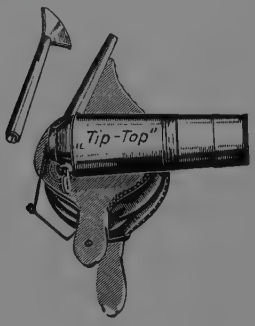


Abb. 72: Blasebalg - Handstäuber

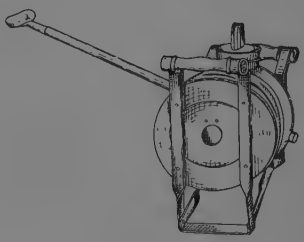


Abb. 73: Trommelhandstäuber

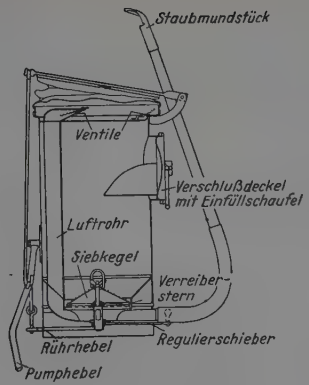


Abb. 74: Zylinderförmiger Rückenstäuber (Schwefel) im Schnitt

Abb. 75: Rückenstäuber mit doppeltem Blasebalg. (Werkbild: Holder)

für sie eingebürgert. Erst in der Zeit von 1920—1930 sind sie mehr und mehr auch zum Verstäuben von Kupferpulvern gegen den Falschen Mehltau *(Plasmopara viticola* [Berk. u. Curt.] Berl u. de Toni) sowie von Arsenpulvern gegen Traubenwickler (*Polychrosis botrana* Schiff. und *Clysia ambiguella* Hübn.) und andere beißende Insekten benutzt worden. Diese Pulver sind wesentlich feinkörniger als Schwefel und müssen auch gleichmäßiger auf die Pflanzen ausgebracht werden. Die Reguliervorrichtungen der „Schwefler" reichen hierzu nicht aus. Vom Jahre 1926 an kommen daher in Deutschland Rückenstäuber in den Handel, bei denen die austretende Pulvermenge mittels einer am Boden angebrachten Reguliervorrichtung weitgehend gedrosselt werden kann. Die mit Blasebälgen betriebenen Stäubegeräte arbeiten stoßweise. Zur Erzielung eines ununterbrochenen Luftstromes und damit gleichmäßiger Verstäubung bringt man zunächst einen zweiten Blasebalg an, der die Luft einpreßt, während sie der erste ansaugt (Abb. 75). Auch hierbei verbleibt noch ein toter Punkt. Der im Jahre 1936 konstruierte Pulverstäuber „Taifun" der Firma Platz arbeitet mit einer nach zwei Seiten beweglichen Membrane. Der tote

Abb. 76: Bauchtragbarer Stäuber mit Ventilator, 1872 in Lauffen am Neckar gebaut. (Deutsches Weinmuseum in Trier)

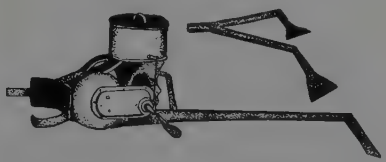


Abb. 77: Bauchtragbarer Gebläsestäuber. (Werkbild: Hudson Sprayer Co., Minneapolis USA)

Punkt wird auch bei diesem Typ nicht beseitigt. Ein Ventilatorgerät ist wahrscheinlich 1872 in Deutschland durch den Flaschnermeister Hoffacher in Lauffen a. Neckar gebaut worden (Abb. 76). Es ist bis 1926 in Betrieb. Dieser kontinuierlich arbeitende Gerätetyp wird später von den Firmen Hudson Sprayer Co., Minneapolis (Abb. 77) und Perless Dust Co., Cleveland, in Amerika gebaut.

Der erste handfahrbare Stäuber erscheint in Finnland unter dem Namen „Puhuri" auf dem Markt (2). Kurze Zeit später setzen die Firmen Holder und Platz ihre doppelt wirkenden Rückenschwefler auf ein einrädriges Fahrgestell auf und versehen sie mit zwei Düsen (Abb. 78). 1910 bringt Holder einen pferdefahrbaren Stäuber unter dem Namen „Aco" heraus. Die Geräte werden mit Bälgen betrieben. Ein 1926 hergestelltes Gerät der Firma Holder hat 3 Blasebälge (Abb. 79). Zum Bestäuben von Bäumen

Abb. 78: Fahrbarer Schwefler 1913, (Werkbild: Holder)

Abb. 79: Karrenstäuber „Holder" (Werkbild: Holder)

können die Blasebälge beim Stillstehen des Gerätes mit der Hand bedient werden. Zu Beginn des 20. Jahrhunderts baut Vermorel wohl den ersten durch Gebläse betriebenen pferdefahrbaren Stäuber, im Jahre 1910 folgt Holder. 1930 bringt Platz als ähnliches Gerät den „Sulfurator" in den Handel. Mit zunehmender Motorisierung wird auch bei Stäubern der Radantrieb durch den Motor ersetzt.

Sehr früh, bereits 1912, machte der deutsche Staatsoberförster R. Zimmermann den Vorschlag, Forstschädlinge von Luftfahrzeugen aus zu bekämpfen. Er läßt sich dieses Verfahren patentieren. Er dringt mit seinen Vorschlägen jedoch nicht durch. Diese Vorschläge und sein Patent geraten in Vergessenheit. Zehn Jahre später stellt die entomologische Station Ohio mit großem Erfolg Versuche zur Bekämpfung von Raupen in Baumpflanzungen durch Verstäuben von Arsenverbindungen vom Flugzeug aus an. In Deutschland werden 1925 die ersten Stäubungen vom Flugzeug aus durchgeführt. Die erste für die Verwendung vom Flugzeug aus gebaute Spritzvorrichtung wird 1931 von der Unger Aircraft Corporation bei Hadley in New-Jersey benutzt. 1931 werden auch Ködermittel zur Bekämpfung von Heuschrecken vom Flugzeug ausgebracht. Dieses Verfahren bewährt sich in Amerika und in der UdSSR.

Während und nach dem 2. Weltkrieg gewinnt der Pflanzenschutz in allen Ländern außerordentlich an Bedeutung. An diesem Aufschwung hat die Geräteentwicklung ihren hervorragenden Anteil. Berechnungen über die Rentabilität der Pflanzen-

schutzmaßnahmen, die Erhöhung des biologischen Effektes und insbesondere der Wunsch, die Wassermenge zu reduzieren, führen in der Mitte des 20. Jahrhunderts zu neuen Verfahren. Zusätzlich zum Spritzen und Stäuben werden das Sprüh- und Nebelverfahren entwickelt. Eine große Zahl von Gerätetypen für alle in Frage kommenden Verhältnisse und Zwecke entsteht. Der allgemeinen Technisierung der gesamten Land- und Forstwirtschaft paßt sich eine große Zahl leistungsfähiger Firmen mit Konstruktion geeigneter Pflanzenschutzgeräte an. Universal- und Spezialgeräte, sowie Anbau-, Aufbau- und Zusatzgeräte zu verschiedensten landwirtschaftlichen Maschinen kommen zum Einsatz.

1. Braun, K., „Übersicht über die Geschichte der Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschädlinge" (bis 1880). In Sorauers Handbuch der Pflanzenkrankh. Bd. I/1, 6. Aufl., 1933, 1 bis 79.

2. Hukkinen, Y.: Ein neuer Stäubeapparat: Der Feldpflanzenverstäuber „Puhuri". Anz. Schädlingskde., *5*, 1929, 53—55.

3. Kremp, R.: Pflanzenschutztechnik auf alten und neuen Wegen. Agrarwissenschaft und Agrarpolitik, *8*, 1949, 92 S.

4. Mentzel, F.: Die Technik und Wirtschaftlichkeit der maschinellen Anwendung chemischer Schädlingsbekämpfungsmittel im Feldbau. Diss. Bonn, 1930, 106 S.

5. Schumacher, G.: Pflanzenschutzgeräte vor 50 Jahren und ihre Entwicklung. „Gesunde Pflanzen", *7*, 1955, 96—101.

6. Trappmann, W.: Pflanzenschutz und Vorratsschutz. Grundlagen der Pflanzenpathologie. I. Stuttgart, 1949, 270 S.

7. Winkelmann, A.: Vom Kupfervitriol zur Lohnbeizung. Nachrbl. Dtsch. Pflschtzd. (Braunschweig), *7*, 1955, 80—82.

8. Zillig, H.: „Stäubegeräte", in Sorauers Handbuch der Pflanzenkrankh. VI/1, 1941, 219—232. — 9. Zillig, H.: „Spritzgeräte", in Sorauers Handbuch der Pflanzenkrankh. VI/1, 1941, 161—219.

II. Neuere Verfahren und Geräte

A. Bodenentseuchen

Unter Bodenentseuchung verstehen wir die Befreiung des Bodens von pflanzenschädlichen Organismen. Sie wird auf biologischem, physikalischem und chemischem Wege durchgeführt. In Band VI/1 dieses Handbuches hat Fuchs (1952) im Abschnitt „Bodenentseuchung" eine eingehende Darstellung gegeben. An dieser Stelle werden lediglich diejenigen Bodenentseuchungsverfahren behandelt, deren Durchführung an die Verwendung von Geräten gebunden ist.

1. Elektrizität, trockene Hitze, siedendes Wasser

Die Anwendung von Elektrizität (4, 8, 9, 13, 15, 19, 21, 22, 26, 27, 28, 36, 42, 43, 44) hat im Freiland bisher keine größere Bedeutung erlangt, da der außerordentlich hohe Widerstand der Erde und die geringe Empfindlichkeit der Bodenorganismen guter Wirkung entgegenstehen. Newhall (26, 27, 28) berichtet über günstig verlaufene Versuche zur Entseuchung kleiner Erdmengen durch Verwendung elektrischer Ströme in kastenartigen Behältern. Er nennt einen Ohio- oder Widerstandstyp mit horizontalen Elektroden an

Deckel und Boden, 0,07 cbm fassend, und einen New-York-Typ mit Heizelementen, 0,14 cbm fassend. Für den Erfolg des Verfahrens sei die Regulierung des Feuchtigkeitsgehaltes der Erde von ausschlaggebender Bedeutung. Ausführlicher berichtet Fuchs (1952) im Band VI/1 dieses Handbuches (S. 161 und 162) über Elektroden- und Elementenentseucher. In Amerika und England wird trockene Hitze zur Behandlung kleinerer Erdmengen in Pfannen, festen oder fahrbaren Spezialöfen oder in selbstgemauerten mit Heizrost, Leitungskanälen und Backraum versehenen Einrichtungen angewendet. Hierbei ist größere Umsicht erforderlich als bei Anwendung feuchter Hitze, die organischen Bestandteile des Bodens werden aber gründlicher zerstört. Trocken erhitzte Erde ist für Topfkulturen weniger geeignet, da sie infolge der Vernichtung von Bodenkolloiden leichter austrocknet und längere Zeit keim- und wachstumsverzögernd wirkt. Das Verfahren hat keine größere praktische Bedeutung erlangt. Auch das Heißwasserverfahren führt zu nachteiliger Bodenbeeinflussung (2, 7). Der behandelte, verschlämmte Boden benötigt längere Zeit zum Trocknen. Zudem kühlt das siedende Wasser bei Berührung mit dem Boden rasch ab. Die Maßnahme ist lediglich zur Entseuchung kleiner, wertvoller, zuvor durch Umarbeitung gelockerter und gelüfteter Erdmengen in Anzuchtkästen gegen Setzlings- und Keimlingskrankheiten brauchbar (7, 33). Das Begießen des Bodens hat rasch zu erfolgen. Der behandelte Boden ist sorgfältig zu bedecken. Stehen größere Kochtöpfe und Waschkessel zur Verfügung, so eignet sich kochendes Wasser auch zur Entseuchung von Pflanztöpfen und Pikierkästen. Es sei in diesem Zusammenhang darauf hingewiesen, daß Desinfektion von Blumentöpfen, Aussaatschalen, Pikierkästen und dergleichen in Verbindung mit einer Bodenentseuchung von großer Bedeutung ist. Eine Bodenbehandlung hat nur wenig Sinn, wenn später Blumentöpfe, Samenschalen usw. ohne entsprechende Desinfektionsmaßnahmen benutzt werden. Außer durch einfaches Auskochen kann die Entseuchung auch in Brennöfen, wie sie in Instituten, Botanischen Gärten, gelegentlich aber auch in Gartenbaubetrieben vorhanden sind, erfolgen. Abb. 80 zeigt die Benutzung eines Erddämpfers zur Entseuchung von Blumentöpfen.

Abb. 80: Entseuchung von Blumentöpfen in einem Erddämpfer (Werkbild: Kromschröder)

2. Bodendämpfung

Als das wirksamste und beste Verfahren zur Entseuchung von Böden gilt übereinstimmend die Anwendung von Wasserdampf. Die Erddämpfung ist anderen Bodenentseuchungsverfahren vor allem deshalb überlegen, weil sie sowohl gegen bakterielle, pilzliche und tierische Parasiten als auch gegen Unkrautsamen durchschlagend wirksam ist (3, 12, 23, 32, 37, 38, 39, 40, 41). Bei einer Temperatur um 80° C sterben die schädigenden Lebewesen in jedem ihrer Entwick-

lungszustände binnen kurzer Zeit ab. Zur Erzielung unbedingt sicherer Wirkung soll die mit einem Bodenthermometer zu kontrollierende Temperatur 90—95° C betragen und über einen bestimmten Zeitraum gehalten werden. Über die unterschiedliche Hitzeempfindlichkeit der Bodenorganismen berichtet Fuchs (15).

a) Dämpfgeräte für bewegte Erde

Das Dämpfen kleiner Erdmengen kann in einfacher Weise schon in einem alten Waschkessel erfolgen (Abb. 81) (20, 27, 31, 38). Auf den Kesselboden wird ein durchlochter Blechboden so aufgelegt, daß sich unter ihm etwa 1/6 des Rauminhaltes des Kessels befindet. Diesen Raum füllt man mit Wasser. Die Löcher des Einlegebodens sollen einen Durchmesser von knapp 1 cm besitzen und 10 cm Abstand voneinander haben. Der Einlegeboden wird mit einem Sack bedeckt, die Erde locker daraufgeschüttet und der bis zum Rand gefüllte Kessel mit einem gut schließenden Holzdeckel abgedeckt. Nun wird das Wasser zum Sieden gebracht. Es wird solange gedämpft, bis das in den Boden gesteckte Thermometer 95° C zeigt oder, wenn ein Thermometer nicht zur Hand ist, eine in der Mitte der Erdfüllung etwa 10 cm tief eingegrabene Kartoffel gar ist. Nach der Dämpfung schaufelt man die Erde auf eine saubere, desinfizierte Unterlage und deckt sie zu. Da das Wasser verkocht, füllt man nach jeder Leerung wieder die entsprechende Wassermenge nach. Die Leistung solch eines behelfsmäßigen Erddämpfers, der zu fortlaufender Arbeit nicht geeignet ist, beträgt etwa 1/2 cbm pro Tag. Auch in Kartoffeldämpfanlagen (20, 29, 30, 35, 38) lassen sich kleinere Erdmengen dämpfen, wenn man sich besonderer Erddämpffässer, die auch gleichzeitig zur Kartoffeldämpfung brauchbar sind, be-

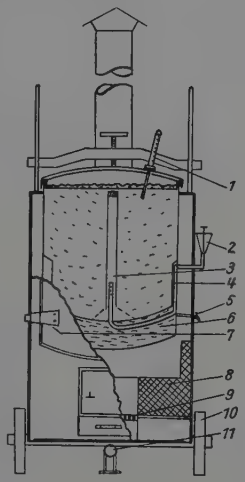


Abb. 82: Kippdämpfer mit Holz- bzw. Kohlenbeheizung (Möschle, Ortenberg/Baden)

1 = Stockthermometer, 2 = Wasserauffüllstutzen, 3 = Dämpfeinsatz, 4 = Dampfeinführungsrohr, 5 = Wasserkontroll- und Ablaßhahn, 6 = Wasservorrat, 7 = Kipplager, 8 = Ausmauerung, 9 = Rost, 10 = Transporteinrichtung, 11 = Deichselhalter (2 und 5 sind um 90° versetzt gezeichnet).

(Nach FISCHER-SCHLEMM und KREPELA, 1955)

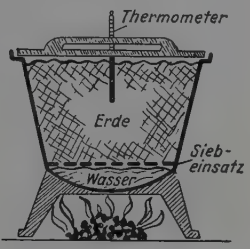


Abb. 81: Waschkessel als Erddämpfer (nach PAPE, 1955)

Abb. 83: Kippdämpfer mit Holz- bzw. Kohlefeuerung (Werkbild: Möschle)

dient (Abb. 82 und 83). Die Dampfzuführung muß eine gleichmäßige Durchdämpfung gewährleisten. Die wesentlichen Unterschiede zwischen Erddämpfer und Futterdämpfer bestehen darin, daß ein Dämpfeinsatz sowie ein Wasserhahn am Boden von Erddämpffässern zum Ablassen des restlichen Dämpfwassers vor dem Auskippen der Erde vorhanden sein muß. Da der Dämpfeinsatz, der Erde und Wasservorrat voneinander trennt, durchlöchert ist, fällt hier und auch am Rande Erde auf den Kesselboden. Daher ist dessen Reinigung möglichst nach jedem Dämpfprozeß durchzuführen, weil sonst der Wirkungsgrad beträchtlich absinken kann. Erddämpffässer müssen etwas kleiner gehalten werden als die zur Kartoffeldämpfung benutzten, um zu vermeiden, daß sie in gefülltem Zustand übermäßig schwer sind. Je nach Leistung des Dampferzeugers variiert die Größe zwischen 120—480 l Inhalt. Ein Gefäß mit einem Fassungsvermögen von 480 l wiegt mit Erde gefüllt etwa 600 kg. Um das Entleeren des Fasses, das aus Eisen oder Stahl besteht, zu erleichtern und eine Beförderung der Erde über kleine Strecken bei der Dämpfarbeit zu ermöglichen, sind gummibereifte Hubkarren (Abb. 84 u. 85) vorgesehen. Der Hubwagen wird auf die seitlich am Dämpffaß sitzenden kräftigen Achsenzapfen gesetzt. Da diese Zapfen so angebracht sind,

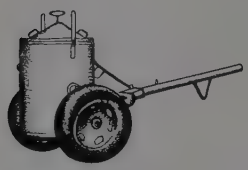


Abb. 84: Zweirädriger gummibereifter Hubkarren. (Nach Werkbild: Kyffhäuser, Landmaschinenbau G. m. b. H.)

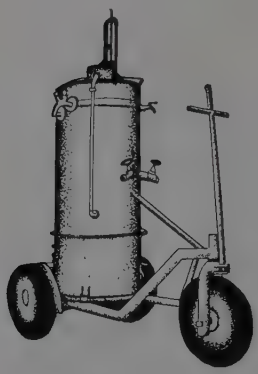


Abb. 85: Dreirädriger bereifter Hubkarren. (Nach Werkbild: Kyffhäuser, Landmaschinenbau G. m. b. H.)

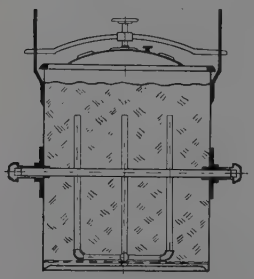


Abb. 86: Schnitt eines Elektrodämpfers. (Nach Kyffhäuser, Landmaschinenbau G. m. b. H.)

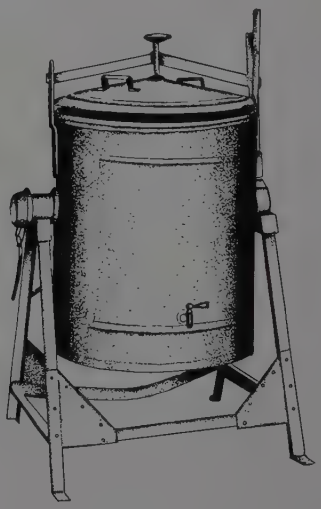


Abb. 87: Elektrodämpfgerät. (Nach Kyffhäuser, Landmaschinenbau G. m. b. H.)

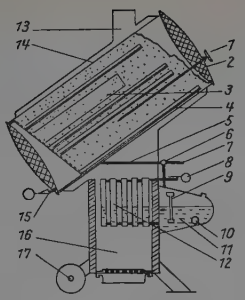


Abb. 88: Dämpfer mit feststehendem, schrägem Dämpfbehälter (Kromschröder, Osnabrück)
1 = Stockthermometer, 2 = Isolierung, 3 = Einsatz, 4 = Dampfverteilerschiene, 5 = Verbindungsleitung, 6 = Dreiwegehahn, 7 = Abdampfhahn, 8 = Sicherheitsventil, 9 = Wasserstandsrohr, 10 = Anschlußstutzen, 11 = Wasserbehälter, 12 = Lamellenverdampfer, 13 = Abzapföffnung, 14 = Rauchgasmantel, 15 = Sicherheitsventil, 16 = Feuerherd, 17 = Transporteinrichtung.
(Nach FISCHER-SCHLEMM und KREPELA, 1955)

daß das Faß auf dem Hubwagen annähernd im Schwerpunkt hängt, läßt es sich leicht kippen und entleeren.

Kleinere Erdmengen lassen sich bequem in elektrisch heizbaren Erddämpfern entseuchen (Abb. 86 u. 87). Elektrodämpfer (14) haben, wie viele elektrische Wärmegeräte, den großen Vorzug, außer Füllen und Entleeren keinerlei Wartung zu benötigen. Durch einen einstellbaren Thermostaten wird der Dämpfer rechtzeitig selbsttätig ausgeschaltet, so daß auch Nachtbetrieb ohne Schaltuhr möglich ist. Ein Trockengehschutz verhindert Schäden, wenn das Nachfüllen von Dämpfwasser unterlassen wird. Natürlich muß Strom zu niedrigen KWh-Preisen zur Verfügung stehen, um die Wirtschaftlichkeit des Gerätes zu gewährleisten.

Die Tagesleistung von Erddämpfern, die mit Gas, Öl, Holz oder Kohle beheizt werden, ist in der Regel erheblich größer als von solchen mit elektrischer Beheizung. Bei dem in Abb. 82 schematisch dargestellten Gerät handelt es sich um einen Kippdämpfer. Vom Wasserraum wird der Dampf durch ein Rohr von unten her in den eigentlichen Dämpfraum geleitet. Das restliche Dämpfwasser bleibt auch beim Kippentleeren der Erde im Wasserraum. Die Tagesleistung eines solchen Gerätes beträgt bei einem 125 l-Dämpffaß etwa 0,9 cbm gedämpfter Erde. Andere Kippdämpfer sind ähnlich wie die beschriebenen Elektrodämpfer gebaut. Lediglich die Heizplatten sind durch Gasbrenner für Stadt-, Bio- oder Flüssiggas ersetzt worden. An den beiden entsprechend groß ausgebildeten Kipplagern solcher Geräte ist je ein Rohr angebracht, von denen das eine der Zufuhr von Frischgas, das andere zur Ableitung der Abgase dient. Eine nicht kippbare Ausführung von direkt beheizten Dämpfern zeigt Abb. 88 u. 89. Der zylindrische Dämpfraum liegt mit Deckeln an beiden Enden versehen in einem Winkel etwa 35° schräg zur Waagerechten (Abb. 88). Der Dampferzeuger besteht aus einem Lamellenverdampfer mit Wasservorratsbehälter und Wasserstandsglas. Der Dampf dringt über Verteilerschienen in den Erddämpfraum ein, der außen von den abziehenden Rauchgasen weiter beheizt wird. Das Entleeren erfolgt durch Öffnen des unteren Deckels.

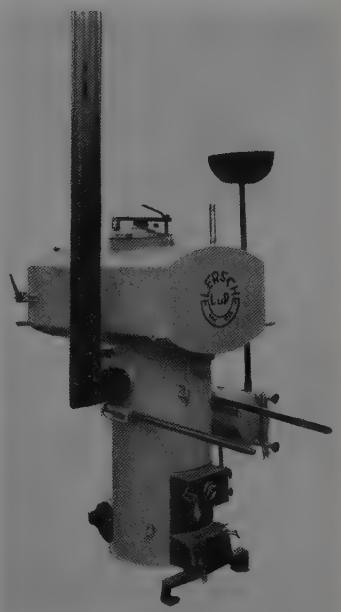


Abb. 89: Erddämpfgerät mit querliegendem Dämpfraum. (Werkbild: Lersch)

Abb. 90: Niederdruckdampferzeuger mit stehendem Kessel. (Werkbild: Lersch)

Die Bodendämpfung in Fässern ist sehr wirksam. Alle Erdteilchen werden zuverlässig durchdämpft, was mit gleicher Sicherheit durch andere Verfahren nicht zu erreichen ist. Zudem ist diese Art der Bodendämpfung hinsichtlich des Verbrauches von Heizmaterial sehr sparsam, da der Dampf praktisch verlustlos dem Erdboden zugeführt wird. Nachteile des Verfahrens liegen in den hohen Anschaffungskosten für das Gerät und dem relativ hohen Aufwand an Handarbeit. Daher empfiehlt sich die Anwendung dieser Methode weniger für Gärtnereibetriebe und dergleichen als vielmehr dort, wo es auf absolut sichere und zuverlässige Dämpfung ankommt wie in Versuchsanlagen, wissenschaftlichen Instituten und ähnlichen Einrichtungen.

Wirtschaftliches Dämpfen kleinerer und größerer beweglicher Erdmengen und, wie später behandelt wird, von Bodenflächen in Gewächshäusern, Mistbeetkästen und im Freiland, macht eine Dämpfanlage erforderlich, die aus einem Dampferzeuger und den Dämpfgeräten besteht (5, 6, 10, 11, 16, 17, 24, 25, 26, 27, 38, 45, 46). Je nach Größe des Dampferzeugers lassen sich bei bewegter Erde Tagesleistungen im allgemeinen von 1,5 bis 2,5 cbm erzielen. Hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit ist es günstig, wenn überhitzter Wasserdampf aus einem Hochdruckkessel des Gewächshauses, einer benachbarten Industrieanlage (Kraftwerk) oder einer Lokomobile (1) zugeführt werden kann. Andernfalls dienen zur Dampferzeugung speziell für Erddämpfzwecke gebaute transportable Niederdruckdampfkessel (Abb. 90—93), die Dampf mit einem Betriebsdruck bis zu 0,5 Atmosphären liefern. Es kann auch mit Hochdruckdampf gearbeitet werden. Bei der Bodendämpfung spricht man von Hochdruckdampf bereits bei Überschreitung eines Druckes von 0,5 atü (in der Dampfmaschinentechnik liegt die Grenze zwischen Nieder-

Abb. 91: Niederdruckdampferzeuger mit stehendem Kessel in Fahrstellung. (Werkbild: Lersch)

und Hochdruckdampf bei 30 atü).

Zur Klärung der Frage, ob es besser ist, Hochdruck- oder Niederdruckdampf zu verwenden, vergleicht Crüger (1955) die Verdampfungsverhältnisse von Wasser unter verschiedenem Druck (Abb. 94) (10, 11). Beim Verdampfen des Wassers wird von dessen Wärmeinhalt (Summe von Flüssigkeits- und Verdampfungswärme) der größte Teil frei. Lediglich 100 kcal pro kg verdampften Wassers bleiben im Kondenswasser zurück. Der Wärmeinhalt des Dampfes unter normalem Druck beträgt 640 kcal/kg und der des Dampfes bei 10 atü 663 kcal/kg. Der Wärmeinhalt dieses Hochdruckdampfes ist also um fast 4% größer. Vergleicht man aber die aufgewendete Wärmemenge mit derjenigen, die zur Erwärmung der Erde tatsächlich verfügbar ist, so steht einem Ausnutzungsgrad von 84% bei Dampf unter normalem Druck ein entsprechender Gegenwert von nur 85% bei Dampf unter 10 Atm. Druck gegenüber. Der Hochdruckdampf bietet in dieser Beziehung also keinen großen Vorteil. Daneben ist zu beachten, daß Kessel zur Erzeugung von Niederdruckdampf bedeutend billiger sind und sich dieser leichter

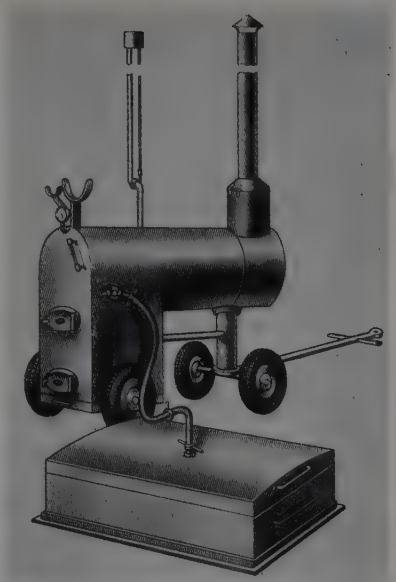


Abb. 92: Niederdruckdampfkessel mit liegendem Kessel und angeschlossener Kastenegge. (Werkbild: Kyffhäuser, Landmaschinenbau G. m. b H.)

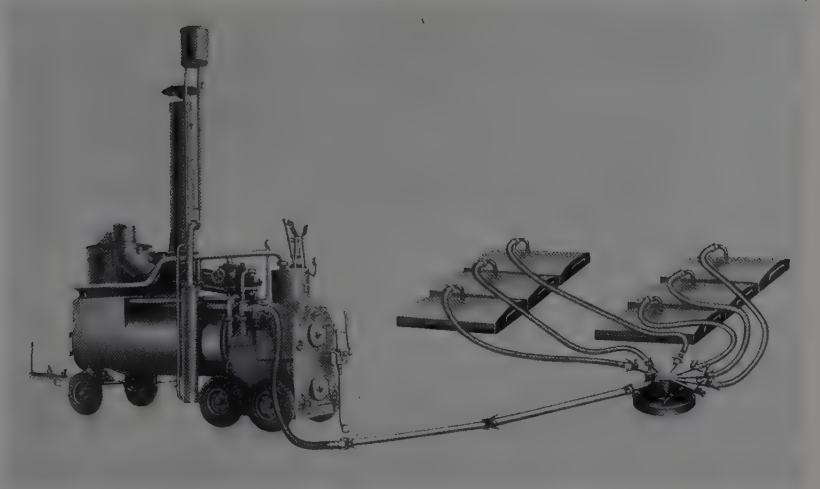


Abb. 93: Gemeinschaftsdämpfanlage (Heizfläche 30 m²) mit 6 an einen Verteiler angeschlossenen Dämpfeggen mit Hauben. (Werkbild: Kyffhäuser, Landmaschinenbau G. m. b H.)

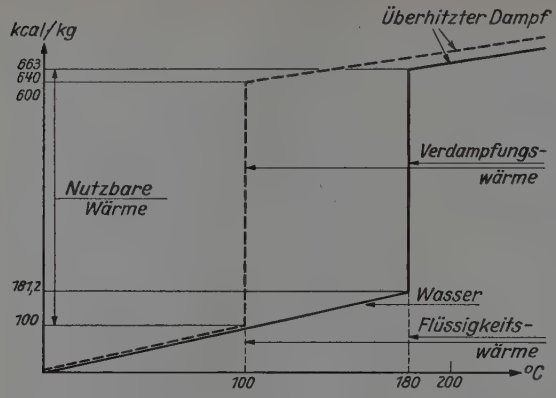


Abb. 94: Verdampfungskurven. Verdampfung von Wasser unter verschiedenem Druck, — — — normaler Druck, —— Druck von 10 atü. (Nach CRÜGER, 1955)

überhitzen läßt. Wenn bei Vergleichsversuchen der Hochdruckdampf häufig besser abschnitt, dann war dies darauf zurückzuführen, daß das für die Dampfverbreitung gewählte System zu knapp bemessen war. In allen diesen Fällen sei die Zunahme der Dampfmenge, die mit einer Druckerhöhung parallel geht, die Ursache für den besseren Erfolg, nicht aber der erhöhte Druck selbst.

Ein wesentlicher Vorteil der Niederdruckdampfanlagen ist, daß sie nicht wie die Hochdruckdampfanlagen von einem gelernten Heizer bedient werden müssen. Außerdem wird die Zugehörigkeit zum technischen Überwachungsdienst nicht verlangt (46).

Der Niederdruckdampfkessel besitzt statt eines Sicherheitsventiles ein Sicherheitsstandrohr (Abb. 92). Eine 5 m hohe Wassersäule, die in einzelne Abschnitte aufgeteilt sein kann, bildet das Gegengewicht gegen den höchstzulässigen Betriebsdruck. Der bei größeren Dämpfern sehr erhebliche Verbrauch an Wasser wird durch eine handgetriebene Pumpe oder automatisch durch Anschluß an die Wasserleitung gedeckt. Bei den größeren Typen wird das Speisewasser durch einen in den Rauchabzug eingebauten Vorwärmer geleitet.

Die Leistung des Dampfkessels wird, wie oben ausgeführt, nicht durch den erzielbaren Dampfdruck, sondern durch die Dampfmenge bestimmt. Zur Entseuchung von 1 cbm Erde sind 80—100 kg Dampf erforderlich. Aus betriebswirtschaftlichen Gründen sollte eine Erwärmungszeit von 20—25 Minuten nicht überschritten werden. Um die Wirtschaftlichkeit der Dampfgewinnung zu gewährleisten, ist eine sinnvolle Konstruktion der Erddämpfanlagen erforderlich. Dazu gehört gute Wärmeisolierung des ganzen Kessels, beste Ausnutzung der Rauchgaswärme durch entsprechende Kesselausführung, Dampfüberhitzung, sowie Vorwärmung des Speisewassers. Es ist darauf zu achten, daß das Dämpfgerät auf die Dampfleistung des Kessels abgestimmt ist, daß dieser also niemals zu klein gewählt werden darf, denn sonst sinkt bei gleicher Dämpfgüte die Stundenleistung unverhältnismäßig stark ab, und die Verschlämmungsgefahr wächst. Wie bereits erwähnt, sind stets kurze Dämpfzeiten anzustreben. Die Leistung des Dampfkessels wird nach der Heizfläche angegeben. Zur Erddämpfung werden im allgemeinen Kessel von 1,25 m²—30 m² Heizfläche hergestellt, die bis 5 m² in der Regel als stehende Kessel, über 5 m² liegend gebaut werden (Abb. 92 u. 93). Die stehenden Kessel müssen, soweit sie nicht ortsfest angebracht sind, behelfsmäßig fortbewegt werden.

Die zur Verdampfung notwendigen Wassermengen sind recht erheblich. Eine Anlage von 3—4 m³ Heizfläche erfordert täglich 500—600 l Wasser. Um Kesselsteinbildung mit all ihren Nachteilen zu vermeiden, empfiehlt sich bei hartem Wasser eine Enthärtungseinrichtung, die man auch an fahrbare Kessel ohne Schwierigkeiten anbauen kann, z. B. Enthärtungsfilter für Kesselspeisewasser. Filter dieser Art haben 20 cm Durchmesser und 75 cm Länge. Sie sind ausreichend für 1100 l tägliche Wassermenge. Die Enthärtungsfilter arbeiten mit regenerierbaren Austauschstoffen.

Für kleinere Betriebe, die nicht so große Erdmengen zu dämpfen haben, ist die Verwendung von Dämpfgabeln als wirtschaftliches Verfahren zu empfehlen. Hierbei handelt es sich um gabelförmige Eisenrohrgestelle (Abb. 95), deren parallel zueinander liegende Rohre (die Zinken der Gabel) am freien Ende verschlossen sind, aber in bestimmten Abständen seitlich Löcher besitzen, durch welche der in den knieförmig gebogenen „Stiel" der Gabel eingeleitete Dampf austritt. Die kleineren, meist 3- oder 4-zinkigen Dämpfgabeln von etwa 0,55 m bis 0,60 m Zinkenlänge und 0,33 m bis 0,40 m Breite werden in passende Schubkarren von etwa 80 l Inhalt eingelegt (Abb. 96) und der Karren mit Erde gefüllt. Man bedeckt die Erde mit Säcken und leitet den Dampf ein, bis das in einer Ecke eingeführte Thermometer 95° C zeigt. Zu jeder Dämpfanlage sollten mindestens zwei Dämpfgabeln mit passenden Karren vorhanden sein. Während der eine Karren unter Dampf steht, wird der zweite zur Dämpfung vorbereitet. Bei dieser Arbeitsweise genügt schon ein Kessel von 2 m², um eine fortlaufende Dämpfung der Anzucht- und Mistbeeterde zu ermöglichen. Da die Erde ohnehin von Vorratshaufen in den

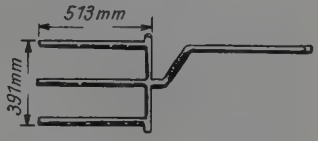


Abb. 95: Kleine Dämpfgabel für Schubkarrendämpfung. (Nach Werkbild der Fa. Möschle)

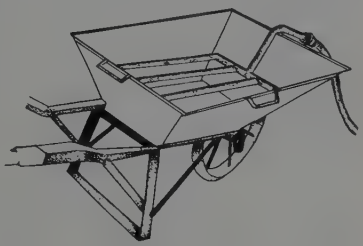


Abb. 96: Schubkarre mit eingelegter Dämpfgabel. (Nach PAPE, 1955)

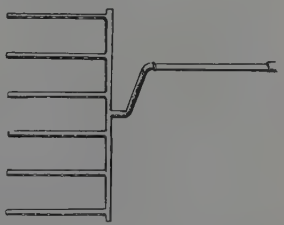


Abb. 97: Große Dämpfgabel. (Nach Werkbild der Fa. Möschle)

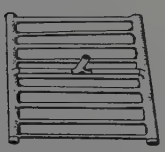


Abb. 98: Dämpfrost. (Nach Werkbild der Fa. Möschle)

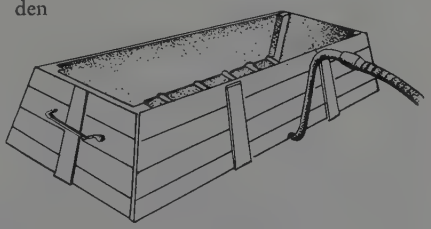


Abb. 99: Aufsatz über Dämpfrost gesetzt. (Nach PAPE, 1955)

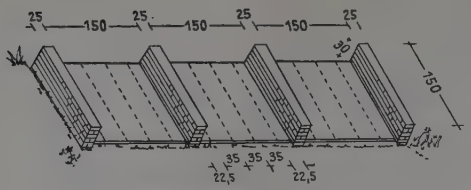


Abb. 100: Dämpfkammern. (Nach CRÜGER, 1955)

Karren geschaufelt und transportiert werden muß, bedeutet der Aufenthalt am Dampfkessel keinen großen Aufwand an Zeit und Arbeitskraft. Außerdem sind die Dämpfgabeln billig.

Größere, meist 6- bis 8-zinkige Dämpfgabeln (Abb. 97) werden von manchen Autoren auch als Dämpfrechen oder Dämpfroste bezeichnet. Sie haben zweckmäßig eine Zinkenlänge von 0,70 m oder 0,75 m und eine Breite von 1,50 m bzw. 2 m. Bei anderer Ausführung von Dämpfrosten sind zwei parallele Rohre mit einer Reihe von Querverbindungen versehen (Abb. 98). Bei Verwendung solcher Geräte wird über die auf einer Bretterunterlage flach aufliegenden Zinken oder Rohre ein etwa 400—600 l fassender sogenannter Aufsatzkasten, d. h. ein mit Griffen versehener, zur Erleichterung der späteren Entleerung nach oben konisch zulaufender, kastenartiger Holzrahmen gesetzt (Abb. 99). Die Aufsatzkästen werden nach Einfüllung der Erde mit Holzdeckeln oder Metallhauben und darübergebreiteten wasserdichten Planen zugedeckt. Der Dampf wird wieder solange eingeleitet, bis das durch den Deckel des Dämpfbehälters mitten in die Erdmasse reichende Thermometer 95° C anzeigt. Danach läßt man den Dampf noch etwa 5 Minuten lang einwirken, sperrt ihn ab und entleert den Behälter. Je nach der Erdart, ihrem Feuchtigkeitsgehalt und ihrer Anfangstemperatur wird man den Dampf etwa 1/2—1 Stunde zuführen müssen. Die aus dem Dämpfbehälter kommende heiße Erde wird sofort mit sauberen Planen oder Säcken zugedeckt, um die Hitze noch möglichst lange nachwirken zu lassen. Von der John Innes Horticultural Institution in England wurden Dämpfkammern (Abb. 100) entwickelt (10, 11), deren Seitenwände gemauert, die Vorder- und Rückseite durch eingeschobene Bohlen verschlossen sind. Auch nach oben werden die Kammern durch Bretter und eine Plane abgedeckt. Der Dampfzufuhr dienen in den zementierten Boden eingelassene Stahlrohre (Durchmesser 25 mm), die im Abstand von 12,5 mm mit Löchern von 2—3 mm Durchmesser für den Dampfaustritt versehen sind. Bei einer Größe von 1,5×1,5 m und einer Einfüllhöhe von 0,25 m faßt die Dämpfkammer ungefähr 0,75 cbm Erde.

Es ist günstig, drei derartige Kammern nebeneinander anzulegen, die unabhängig voneinander mit Dampf beschickt werden können. Während man dann jeweils eine Kammer entleert und neu füllt, wird der Dampf in die zweite Kammer geleitet. In der dritten Kammer ruht bereits gedämpfte Erde, auf die man die erreichte hohe Temperatur noch für einige Zeit einwirken läßt, um gleichmäßige Temperaturverteilung zu gewährleisten.

b) Dämpfgeräte für unbewegte Erde

Im Kastenverfahren werden unten offene Kästen oder Tröge aus Eisenblech oder Holz, das innen oder zumindest am Rande mit Blech beschlagen sein soll, in den Boden eingedrückt oder über den zu behandelnden Boden gestülpt, die Seiten gut abgedichtet und der Dampf durch einen oder mehrere Zuleitungsstutzen eingeführt. 25 cm tiefe Kästen sind zu bevorzugen, wenn die mäßige Tiefenwirkung

verbessert werden soll. Das Dämpfkastenverfahren ist bei Verwendung von Niederdruckdampf unzuverlässig und die Handhabung recht mühsam (20). Dieser Methode kommt daher nur noch historische Bedeutung zu. HASENCLEVER (18) berichtet über ein in der Schweiz gebräuchliches Dämpfkastenverfahren, bei dem der Dampf von einem mit altem Autoöl betriebenen Dampferzeuger durch zwei besonders präparierte Gummischläuche in zwei aus Zinkblech hergestellte 1,50 m² große Dämpfkästen geleitet wird. Durch je ein Rad sind die Kästen im Freiland und auf Erdbeeten auf einer Bohle schnell weiter zu transportieren. Bei ausschließlicher Dampfzuführung von oben her dürfte auch dieses Verfahren in der Wirkung nicht genügend zuverlässig sein.

Die Dämpfung von Erdflächen in Gewächshäusern, Mistbeeten, Saatbeeten usw. wird heute mit beweglichen Vorrichtungen durchgeführt. Bei dem Spieß- (spike), Rechen- (rakon), Eggen- (harrow) und Kasteneggenverfahren erfolgt eine vertikale Dampfzuführung, während der Dampf im Rost- (small grid) und Röhrenverfahren (perforated pipe method) horizontal zugeführt wird.

Im Spießverfahren kann mittels einzelner bis 60 cm langer Hohlspieße auch in unmittelbarer Nähe von Mauern und Pfosten gedämpft werden, so daß hier die Nachbehandlung mit chemischen Mitteln unterbleiben kann. Beim Rechen- und Eggenverfahren sind die Hohlzinken starr miteinander verbunden. Dämpfrechen oder Dämpfroste wurden weiter oben schon beschrieben.

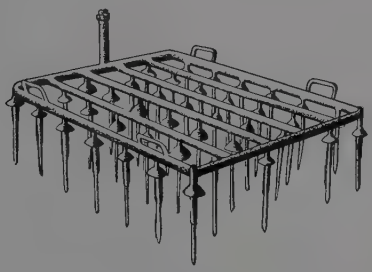


Abb. 101: Dämpfegge. (Nach KOTTE, 1952)

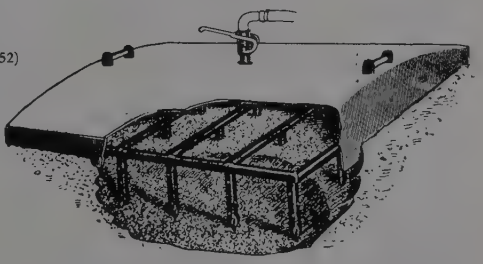


Abb. 103: Dämpfegge mit Haube. (Werkbild: Lersch)

Abb. 102: Durch zweckmäßigen Bau der Zinken der Dämpfegge wird die gleichmäßige Durchdämpfung des Bodens gesichert. (Nach KOTTE, 1952)

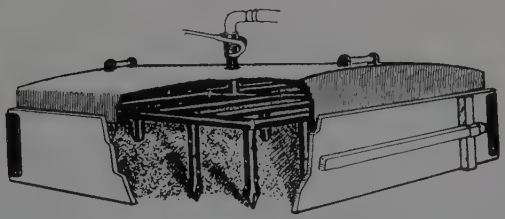


Abb. 104: Dämpfegge mit Kasten und Haube. (Nach Werkbild: Lersch)

Eine Dämpfegge (Abb. 101) besteht aus einem System seitlich verbundener, paralleler Röhren, an denen je nach Größe eine kleinere oder größere Zahl von Zinken angebracht sind. Die Entfernung der mit Düsen versehenen Hohlzinken voneinander soll 10—13 cm nicht überschreiten, da größere Abstände unzuverlässige Wirkung zur Folge haben können. Die Zinken sind im oberen Teil verdickt und haben zweckmäßig unterhalb ihres Ansatzes einen kegelförmigen Kragen (Abb. 102), wodurch ein Entweichen des Dampfes dicht an der Zinke nach oben verhindert wird. Die Länge der Zinken beträgt 15—30 cm. Durch Abwechseln von Hohlzinken verschiedener Länge kann nach Fuchs (15) gleichmäßige Verteilung auch in größeren Bodentiefen erreicht werden. Schwartz (38) empfiehlt zur Sicherung eines gleichmäßigen Dampfausstoßes die Verbindung zwischen Rahmen und Querbalken abwechselnd als volle Öffnung und als enge Druckausgleichsbohrung zu gestalten. Bei Kasteneggen (Abb. 103 u. 104) ist über dem Zinkensystem ein Kasten angebracht, der den aus dem Boden entweichenden Dampf auffängt und dem Boden wieder zuführt. Durch Verwendung von Kasteneggen kann die Tiefenwirkung erheblich verbessert werden.

Beim Rostverfahren werden Dämpfroste vor der Dämpfung in den Boden eingegraben. Dazu wird der Boden in Form eines Grabens ausgehoben, dessen Länge und Breite dem Rost entsprechen und dessen Tiefe je nach Bedarf 30—35 cm und mehr beträgt. Der Dämpfrost wird so auf die Sohle des Grabens gelegt, daß das Dampfeinleitungsrohr der noch zu dämpfenden Fläche zugewandt ist. In den Graben füllt man die Erde, die man durch Ausheben eines unmittelbar an den ersten Graben grenzenden gleich großen neuen Grabens erhält. Die beim Ausheben des ersten Grabens gewonnene Erde läßt man zunächst liegen. Nachdem man die eingefüllte Erde, die gegen den neuen Graben mit Brettern so abgestützt ist, daß der Rost unter den Brettern ungehindert hervorgezogen werden kann, mit wasserdichten Planen gut zugedeckt hat, leitet man etwa 1 Stunde lang überhitzten Wasserdampf ein. Bei dieser Dämpftiefe wird eine Bodenschicht von 50 cm entseucht. Nach Absperrung des Dampfes hält man die behandelte Erde noch mindestens $^1/_2$ Stunde, besser 3 Stunden, bedeckt. Den Rost zieht man jedoch sofort mit eisernen Haken in den angrenzenden Graben und füllt diesen in der beschriebenen Weise mit der beim Ausheben eines unmittelbar angrenzenden weiteren Grabens erhaltenen Erde, deckt mit Planen zu, dämpft usw. bis die ganze Fläche behandelt ist. In den letzten Graben füllt man die aus dem ersten Graben ausgehobene zunächst beiseite gelassene Erde und dämpft sie zum Schluß. Um fortlaufendes Dämpfen zu ermöglichen, ist es nötig, gleichzeitig mit mindestens 2 Dämpfrosten zu arbeiten. Das Dämpfrostverfahren ist recht gut. Vor allem ist seine Tiefenwirkung bei der Älchenbekämpfung sehr vorteilhaft. Die Arbeit des Umschaufelns muß bei diesem Verfahren in Kauf genommen werden, sie wird vermieden bei der Benutzung der Dämpfegge. Diese wird in den vorher durch Fräsen gelockerten Boden tief eingedrückt. Zinkenlänge und Frästiefe sollen gut aufeinander abgestimmt sein. Der Arbeitsaufwand bei Verwendung der Dämpfegge ist gering, ihre Wirksamkeit sehr befriedigend. Für die Dämpfung größerer Flächen stellt die Dämpfegge zur Zeit wohl das beste Gerät dar. Sie eignet sich auch zur Dämpfung lose aufgehäufter Erde in Verbindung mit dem Aufsatzkasten (Kastenegge). Die Anwendung von Dämpfrost und Dämpfegge macht wegen des großen Dampfbedarfes die Verwendung leistungsstarker Kessel von mindestens 8 m² Heizfläche notwendig. Blumentöpfe, Aussaatschalen, Pikierkästen usw.

können mit den Dämpfgeräten ebenfalls entseucht werden. Man legt sie in die Dämpffässer oder schichtet sie über dem Dämpfrost bzw. zwischen den Zinken der Dämpfegge auf, eine Bedeckung mit Säcken, Matten, Ölpapier usw. ist zwecks guter Einwirkung des Dampfes erforderlich. Horizontale Dampfzuführung erfolgt außer bei Dämpfrosten auch bei dem Röhrenverfahren. Es werden dazu einzelne (34) oder mehrere (5—10) parallele Röhren (24) 15—30 cm tief in den Boden gegraben. Die Weite der Röhren, die unterseits 2—3 Reihen alternierender, 3—5 mm weiter, schräg nach abwärts gerichtete Öffnungen besitzen, beträgt 32—50 mm. Die Röhren liegen je nach Tiefe im Abstand von 30—50 cm im Boden. An einem Ende sind die Röhren über einen Krümmer mit Anschlußstücken versehen, die über den Boden ragen und an ein Verteilerrohr von 50—75 mm Weite angeschlossen werden können. Nach Angaben von Newhall, Chupp und Guterman (27) soll die Röhrenlänge 6—36 m betragen. Man arbeitet vorteilhaft mit 2 Röhrensätzen, von denen einer verlegt wird, während der andere in Betrieb ist. Zur Dampferzeugung sind Kessel mit mindestens 8 m² Heizfläche nötig.

Das Drainageverfahren setzt ein System festverlegter Leitungen voraus. Es ist bei Vorhandensein großer Kesselanlagen (Anschluß an Kraftwerke) bequem in der Durchführung, da in der Längsrichtung des Beetes aneinandergereihte Serien von 7,5 cm oder 10 cm weiten Drainage- (Schamotte) -Röhren in Abständen von 40—55 cm, am besten 45 cm in Gräben von etwa 35—40 cm Tiefe liegen und in der Mitte durch besondere Zuleitungs- und Verbindungsrohre aus Eisen (im Durchmesser von 5—7,5 cm) mit der Dämpfleitung in Verbindung stehen. Eine Verbindungsröhre vermag 4—5 Reihen von Drainageröhren, deren Enden miteinander verbunden sind, zu speisen. Die Länge der Drainagerohre soll jederseits der Zuleitung 20—30 m nicht überschreiten. Im übrigen richtet sich die Größe der auf einmal zu behandelnden Fläche nach der Leistungsfähigkeit der Dampfquelle. Die Benutzung von perforierten Tonröhren bietet keinen Vorteil. Die Röhren sind so tief zu legen, daß die Bearbeitung des Bodens ohne Lageveränderung und Beschädigung des Drainagesystems möglich ist. Bei einer 3—6-stündigen Dämpfung des zuvor gelockerten und zugedeckten Bodens kann bis zu einer Tiefe von 40—50 cm ein Temperaturanstieg auf mindestens 71° C erreicht werden. Dieses wirtschaftliche Verfahren ist besonders in den Nordstaaten von Nordamerika sehr verbreitet (27). Die Wirkung hat (2) nicht immer genügt, nach Brown (5) werden Temperaturen von mehr als 60° C länger als 27 Stunden gehalten. Die Haltbarkeit des Drainagesystems wechselt je nach Bodenart und Sorgfalt bei Legung der Röhren. Es werden 12—18 Jahre alte Einrichtungen erwähnt (27). Die Drainageeinrichtung kann gleichzeitig für die Durchlüftung und die unterirdische Bewässerung des Bodens bzw. zur Auswaschung von Salzen benutzt werden.

3. Chemische Bodenentseuchung

Die Bodenentseuchung auf chemischem Wege wird in Europa besonders seit Verbreitung der Reblaus durchgeführt. Als Geräte zur Einführung der Chemikalien, z. B. Schwefelkohlenstoff, in den Boden wurden Stoßeisen, Blechtrichter und später Injektoren, die unter dem Abschnitt „Injizieren" beschrieben sind,

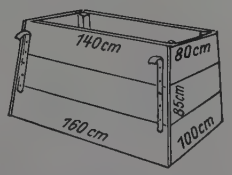


Abb. 105: Schwefelkohlenstoff - Erdentseuchungskasten. (Nach Arends)

benutzt. Außerdem werden auch Schwefelkohlenstoffpflüge verwendet. Behandlungen von wertvollen Kulturböden, Gewächshäusern, Zucht- und Frühbeeten werden meist unter Zuhilfenahme von einfachen Entseuchungskästen (Abb. 105), feuchten Decken, Injektoren (s. S. 389 u. ff.) mit gutem Erfolg durchgeführt. Inzwischen ist eine sehr große Zahl von chemischen Verbindungen zum Zwecke der Bodenentseuchung entwickelt worden (s. B. VI/1 ds. Handbuches).

1. Badke, R.: Großzügige Bodendämpfung mit Lokomobile. Gartenwelt, *51*, 1951, 193. — **2.** Beattie, J. H.: The production of cucumbers in greenhouses. US. Dept. Agr. Tannees. Bull., *1320*, 1923. — **3.** Bewley, E. F.: Practical soil sterilization by heat for glashouse crop. Jl. Min. Agr., *33*, 1926, 297. — **4.** Blauser, J. P.: Soil sterilization by electricity. Agr. Eng. St. Joseph. Mich., *16*, 1935, 436, 438, 440. — **5.** Brown, A. D. et al.: Greenhouse soil sterilization. I. Sterilization methods and pest control. Purdue Univ. agr. exp. Sta. Bull., *266*, 1922, 1—19. — **6.** Bunt, A. C.: The Journal of Horticultural Science, *24*, 1954, 89 (zit. in Crüger 1955). — **7.** Byars, L. P., & W. W. Gilbert: Soil disinfection by hot water to control the root knot nematode and parasitic fungi. US. Dept. Agr. Bull., *18*, 1920.

8. Cameron-Brown, C. A.: El. heating for horticultural purposes. Il. Min. Agr., *44*, 1937, 552—561. — **9.** Carney, L. B.: Electric soil sterilization. Agr. Engin., *13*, 1932, 95—96. — **10.** Crüger, G.: Erddämpfung und Bodenentseuchung. Gartenwelt, *55*, 1955, 74—75. — **11.** Crüger, G.: Fortschrittliche Methoden der Erddämpfung. Gartenwelt, *55*, 1955, 20—21.

12. Dänhardt, W.: Erdsterilisation in Gewächshäusern durch Dämpfen. Gartenwelt, *35*, 1931, 494—496. — **13.** Dix, W., & E. Rauterberg: Die Sterilisation des Bodens mit Hilfe des elektrischen Stromes. Arch. Pflanzenbau, *10*, 1934, 172—190.

14. Fischer-Klemm, W. E., & W. Krepela: Die heutigen Erddämpfanlagen und ihre Entwicklungsmöglichkeiten. Technik und Landwirtschaft, *8*, 1955. — **15.** Fuchs, W. H.: Bodenentseuchung in Sorauers Handbuch der Pflanzenkrankh. VI/1, 1952, S. 144—333 (Literatur!).

16. Grossmann, P., & P. Pauck: Bodenentseuchung durch Dämpfung. Obst- und Gemüsebau, *10*, 1940.

17. Hähne, H.: Neue Wege in der Bodenentseuchung. Gartenwelt, *52*, 1952, 200. — **18.** Hasenclever, W.: Dämpfanlage Simox. Gartenwelt, *53*, 1953, 46. — **19.** Headlee, T. J.: The differential between the effect of radio weaves on insects and on plants. Jl. Ec. Ent., *24*, 1931, 427—437.

20. Kotte, W.: Krankheiten und Schädlinge im Gemüsebau und ihre Bekämpfung. 2. Aufl., 1952, 280 S. — **21.** Krewatch, A. V., & G. W. Kable: Electric soil sterilization. Nat. Rur. Proj. Coll., Park, Ned., Rpt. M. *11—15*, 1933. — **22.** Krueger, W. C.: El. uses in the greenhouse. Agr. Eng. St. Joseph. Mich., *16*, 1935, 475—478.

23. Lawrence, W. Y. C., & J. Newell: Seed and pott composts with special reference to soil sterilization. 1945.

24. Melchers, E. L.: A method of steam sterilization of soil for control nematodes. Phytopath., *9*, 1919, 294—296. — **25.** Morris, L. G.: Nat. Inst. Eng. Rep. Nr. 14 und 24 (zit. in Crüger 1955).

26. Newhall, A. G.: The theory and practice of soil sterilization. Agr. Engin., *16*, 1935, 65—70 (Literatur!). — **27.** Newhall, A. G., Ch. Chupp & C. E. F. Guterman: Soil treatment for the control of diseases in the greenhouse and the seedbed. Cornell Extension Bull., *217*, 1931. — **28.** Newhall, A. G., & M. W. Nixon: Disinfecting soils by electric pasteurization. Corn. Univ. Agr. Exp. St., Bull., *636*, 1935, 20 S. — **29.** Noll, J.: Bodendämpfgeräte für bewegte Erdmengen. Der Obst- und Gemüsebau 1936, 89—90. — **30.** Noll, J., & J. J. Quantz: Beitrag zur Frage der Bodendämpfung. Sitzungsber. Abh. Flora Dresden 41/42, 1938, 12—41.

31. Pape, H.: Krankheiten und Schädlinge der Zierpflanzen und ihre Bekämpfung. 4. Aufl. 1955, 559 S. — **32.** Parker, T.: The suppression of insects pests and fungoid diseases. The fumigation and disinfection of glashouses. Bur. Biol. Techn. Bull., *8*, 1923, 244—248. — **33.** Peters, L., & M. Schwartz: Krankheiten und Beschädigungen des Tabaks. Mitt. Biol. Reichsanstalt, *13*, 1912, 18. — **34.** Polak, M. M.: Het steriliseeren van de grond door middel van stoom. Mededeel. Landboughoogsch., *17*, 1919, 91—108.

35. Quantz, J. J.: Eine neue Erd-Kleindämpfkolonne. Gartenwirtschaft 1937.

36. Riede, W.: Elektrizität und Pflanzenwachstum. Gartenbauwissenschaft, *1*, 1929, 431.

37. Schoevers, T. A. C.: Grondonsmetting. Verse. Mededeel. Plantenziektenkundige Dienst, Wageningen, *63*, 1931, 26. — 38. Schwartz, G.: Bodenregeneration durch Dampfbehandlung gärtn. Kulturpflanzen. II. Die Wärmeverteilung im Boden. Gartenbauwissenschaft, *7*, 1933, 646—672. — 39. Selby, A. D., & J. G. Humbert: Methods for soil sterilization for plant-beds and greenhouses. Ohio Agr. St. Circ., *151*, 1915, 65—74. — 40. Skillman, E.: Soil sterilization. British Fmg. Mechaniz., *1*, 1949, 232—253, 288—289. — 41. Slogteren, E. V.: Het steriliseeren van den grond door middel van stoom. Weekbl. v. Bloembollencultuur, *37*, 1926, 76—79, 85—86 (Mededeel. 26, Lab. bloembollenonderzoek te Lisse).

42. Tavernetti, J. R.: Characteristics of the res. type soil sterilization. Agr. Eng. St. Joseph. Mich., *16*, 1935, 271—274. — 43. Tavernetti, J. R.: A continue soil pasteurizer. Agr. Eng. St. Joseph Mich., *23*, 1942, 255—256. — 44. Tempel, W.: Ein Versuch zur Drahtwurmbekämpfung mittels elektrischen Stromes. Nachrbl. Dtsch. Pflschd., *3*, 1923, 60.

45. Thiem, H.: Bodenentseuchung in Sorauers Handbuch der Pflanzenkrankh., *6*, 1, 2. Aufl., 1939, 131—210.

46. Victor: Technische Betrachtungen zur Erddämpfung. Gartenwelt, *55*, 1955, 131—133.

B. Beizen und Saatgutbehandeln

Unter Beizung versteht man nach Trappmann (80) die Behandlung von Saat- und Pflanzgut zur Abtötung pilzlicher und bakterieller Krankheitserreger, die außen dem Saat- und Pflanzgut anhaften oder sich in den äußeren Schichten befinden. Als Saatgutbehandlung bezeichnet man die Anwendung von Saatgutpudern gegen schädliche Bodeninsekten oder von Mitteln gegen Vogelfraß. Kombinierte Präparate gestatten Beizung und Saatgutbehandlung in einem Arbeitsgang. Im Abschnitt „Beizung und Entseuchung von Saat- und Pflanzgut" im Band VI/1 dieses Handbuches wird von Gassner (16) eine eingehende Darstellung von Begriff und Grundlagen der Beizung gegeben, so daß in diesem Abschnitt Beizverfahren und gerätetechnische Fragen im Vordergrund stehen.

Man unterscheidet zwischen chemischer und physikalischer Beizung. Zu den chemischen Verfahren zählen das Naß- (Tauch-, Benetzungs-, Kurznaß- und Feuchtbeize) und Trockenbeizverfahren des Saatgutes. Von den physikalischen Beizverfahren haben bislang nur die Heiß- und Warmwasserbeizung praktische Bedeutung erlangt.

1. Die Naßbeizung

Die Naßbeizverfahren lassen sich mit einfachen Hilfsmitteln ohne besondere Apparate durchführen, soweit es sich um Tauch- und gewöhnliches Benetzungsbeizen handelt. Um jedoch die Beizarbeit zu erleichtern und sie zuverlässiger zu gestalten, erfolgte die Entwicklung spezieller Vorrichtungen für die Durchführung dieser Verfahren. Für Kurznaßbeizung und neuerdings Feuchtbeizung sind besondere Vorrichtungen unumgänglich, damit eine gleichmäßige Benetzung oder Behandlung des gesamten Saatgutes mit der zur Anwendung gelangenden verhältnismäßig geringen Flüssigkeitsmenge gewährleistet ist.

a) Tauchbeizung

Die Tauchbeizung (7, 10, 16, 41, 43, 49, 59, 62, 67, 70, 72) ist das älteste Beizverfahren. Hierbei muß das Saatgut eine bestimmte Zeit, meist 15—30 Minuten, in einer Beizlösung verweilen. Mit Herausnahme aus der Flüssigkeit ist die Beizwirkung im wesentlichen abgeschlossen, so daß eine nachträgliche Infektion leicht möglich ist (95). In einfachster Form erfolgt die Tauchbeize in der Weise, daß in einen Behälter

ein Korb gestellt wird, der innen mit Sackleinwand ausgeschlagen ist. Die vorher zubereitete Beizlösung wird in den Bottich gegeben, so daß sie etwa die Hälfte des eingetauchten Korbes ausfüllt. Das Getreide wird dann in langsamem Strahl unter ständigem Umrühren eingeschüttet. Durch das Umrühren werden einerseits die Luftblasen entfernt, die die gleichmäßige Benetzung des Kornes stören würden, zum anderen wird die Gewähr gegeben, daß etwa vorhandene Brandbutten an die Oberfläche gelangen und mit einem Schöpflöffel oder Sieb abgeschöpft werden können. Das nasse, aus der Beizlösung entnommene Getreide wird flach ausgebreitet und getrocknet.

Eine weitere einfache Vorrichtung zur Durchführung der Tauchbeizung besteht aus einem Beizzylinder aus feinmaschigem Drahtgeflecht, der an einem über eine Rolle laufenden Drahtseil aufgehängt ist. Mit Hilfe einer Winde kann der Beizzylinder in die Flüssigkeit gesenkt und wieder gehoben werden. Ähnlich konstruiert ist auch eine transportable Beizeinrichtung (70), bei der ein Siebblechbehälter an einem Flaschenzug in einem Gestell hängt, das an den Beizlösungsbehälter gefahren werden kann. Um die Wiederbenutzung derselben Beizflüssigkeit zu erleichtern, wurden Geräte konstruiert, bei denen in einem Gestell ein durch eine Querwand zweigeteiltes Faß drehbar aufgehängt ist. In dem einen abgetrennten Raum vollzieht sich zunächst das Beizen. Durch Drehung des Apparates um 180° läuft durch ein Verbindungsstück zwischen beiden Faßteilen die Beizlösung aus dem ersten Gefäß auf das in den zweiten abgeteilten Raum eingefüllte neu zu beizende Getreide.

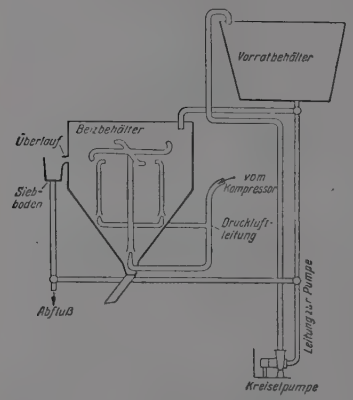


Abb. 106: Universalbeizapparat Jäger-Dix. Brandbutten werden über den Überlauf entfernt

Die meisten Tauchbeizgeräte gestatten außer mit Sieblöffeln nicht die Entfernung von Brandbutten, doch gibt es einzelne Apparate mit automatischer Buttenentfernung (49). Durch eine Rühreinrichtung werden die Butten an die Oberfläche befördert und durch zufließende Beizflüssigkeit über einen Überlauf entfernt (Abb. 106).

Die Tauchbeizung hat im allgemeinen an praktischer Bedeutung verloren. Zur wirksamen Beizung stark steinbrandhaltigen Weizens oder zur Bekämpfung des Haferflugbrandes, z. B. in Saatzuchtbetrieben, ist die Tauchbeize allerdings auch heute noch üblich. Ebenso ist dieses Verfahren für die Beizung von Gemüsesämereien neben der Trockenbeizung zu empfehlen, da viele Beutelchen mit kleineren Saatgutmengen gleichzeitig in die Beizflüssigkeit gehängt werden können. Auch die Behandlung von Blumenzwiebeln erfolgt im Tauchbeizverfahren (Abb. 107 u. 108). Vorteile der Tauchbeizung liegen in der Zuverlässigkeit ihrer Wirkung sowie in ihrer Wirtschaftlichkeit, die durch die Möglichkeit einer wiederholten Benutzung der Beizlösung gegeben ist. Je nach Art des Beizmittels behält die Lösung ihre volle Wirksamkeit, z. B. bei der Verwendung von Formalin. Tritt eine Entgiftung ein, wie z. B. bei quecksilberhaltigen Beizmitteln, muß die Ersatzlösung in doppelter Konzentra-

Abb. 107: Heißwassertauchbäder für Blumenzwiebelbehandlung in einem holländischen Betrieb.
Bild: Plantenziektenkundige Dienst, Wageningen

Abb. 108: Modernes Heißwassertauchbad für Blumenzwiebelbehandlung in Holland.
Bild: Plantenziektenkundige Dienst, Wageningen

tion in das Beizgerät nachgefüllt werden. Als Nachteile der Tauchbeizung sind die Schwierigkeit der Rücktrocknung und das Fehlen sekundärer Beizwirkung anzuführen. Dem relativ geringen Kostenaufwand für Beizmittel steht ein hoher Arbeitsaufwand gegenüber.

b) Benetzungsbeizung

Auch das Benetzungsbeizen (10, 16, 17, 41) ist ein altes Beizverfahren, das von Tessier schon 1783 (78) und von Kühn 1859 (35) erwähnt wird. Hierbei erfolgt die Anfeuchtung des Getreides durch Besprengen mit einer entsprechenden Flüssigkeitsmenge. Im einfachsten Fall wird das Saatgut während des Umschaufelns mit der Beizflüssigkeit (10—20 l/dz) begossen. Da Benetzung jedes Kornes durch die Beizlösung Voraussetzung für gute Wirkung ist, muß öfter umgeschaufelt werden. Nach der Durchfeuchtung wird das Getreide zu spitzen Haufen geschaufelt und mit Säcken und Planen überdeckt, um die Beizlösung noch etwa eine Stunde einwirken zu lassen. Längere Bedeckung ist nicht ratsam, damit eine Erwärmung des Saatgutes und eine daraus u. U. resultierende Keimschädigung vermieden wird. Die Rücktrocknung erfolgt zwar rascher als bei Getreide, das im Tauchverfahren behandelt wurde, jedoch ist der Arbeitsaufwand auch hier hoch, da in der Regel wiederholtes Umschaufeln notwendig wird. Auch bei der Benetzungsbeize besteht die Gefahr der Nachinfektion. In der Wirkung ist sie nicht so zuverlässig wie die Tauchbeizung. Zur Durchführung der Benetzungsbeize sind verschiedene Beizgeräte konstruiert worden. Im allgemeinen werden diese Geräte heute nicht mehr benutzt. Sie seien deshalb nur kurz behandelt. Von einem Gerät für die Benetzungsbeize muß verlangt werden, daß es eine gleichmäßige Benetzung der Getreidekörner ermöglicht. Wünschenswert ist außerdem, daß die dem Getreide zugeführte Beizflüssigkeitsmenge nach Bedarf verschieden eingestellt werden kann. Bei einem einfach gebauten Benetzungsgerät fällt das Getreide durch eine Fallröhre in einen Sack. In der Fallröhre wird die Beizflüssigkeit mittels einer fein verteilenden Spritze dem fallenden Getreide entgegen gespritzt. Bei einem anderen, nach ähnlichem Prinzip arbeitenden Gerät, fällt das Getreide aus einem Trichter in einen schräg stehenden Beizzylinder. Die Kurbel, mit der man den Zylinder dreht, setzt gleichzeitig eine Pumpe in Bewegung, die in den Beizzylinder Beizflüssigkeit sprüht. Bei den anderen Benetzungsvorrichtungen wird die Beizlösung in Tropfenform oder in dünnem Strahl auf das Saatgut gespritzt. Viele Benetzungsgeräte sind so konstruiert, daß das Getreide fortlaufend durch einen Trichter in einen Beizbottich fällt und durch ein Förderwerk wieder hinausgeschafft wird.

c) Kurznaßbeizung

Die Kurznaßbeizung ist eine Weiterentwicklung der Benetzungsbeizung. Sie beruht auf dem Prinzip, Beizlösungen in hoher Konzentration und so geringem Flüssigkeitsaufwand (3—4 l/dz) zu verwenden, daß alle Körner zwar angefeuchtet, aber nicht so stark benetzt werden, daß eine Rücktrocknung notwendig wird. Kurznaßgebeiztes Getreide kann ohne Nachtrocknung fast sofort gedrillt werden und ist außerdem gut lagerfähig (17, 66, 5, 69, 94). Die Durchführung der Kurznaßbeizung ist allerdings ohne Verwendung eines geeigneten Beizgerätes nicht möglich. Das Verfahren ist zeitlich erst nach der Trockenbeizung entwickelt worden. Daher ist es verständlich, wenn zunächst vorhandene Trockenbeizgeräte nach geringfügigen Änderungen oder Zusätzen zur Durchführung der Kurznaßbeizung eingesetzt wurden.

α) Unterbrochen arbeitende Kurznaßbeizgeräte

Die gleichmäßige Verteilung geringer Flüssigkeitsmengen ist nur dann zu erreichen, wenn die Flüssigkeit auf die in Bewegung befindlichen Körner gebracht wird (42, 43). Man hat bei der Konstruktion und dem Umbau von Geräten diesem Punkt besondere Beachtung geschenkt. Eine behelfsmäßige Vorrichtung, bei der durch den Deckel einer Beiztrommel Beizflüssigkeit eingegossen wird, ermöglicht eine ausreichend gleichmäßige Benetzung nur dann, wenn unmittelbar nach dem Eingießen der Flüssigkeit das Beizgefäß in Bewegung gesetzt wird. Bei verbesserten Apparaten besteht die Möglichkeit während der Bewegung der Beiztrommel die Beizflüssigkeit durch eine hohle Achse oder durch ein bis zur Mitte des Beizgerätes reichendes Metall-

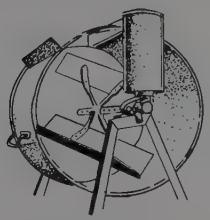


Abb. 109: Kurznaßvorrichtung eines Trockenbeizers. (Nach MAIER-BODE, 1947)

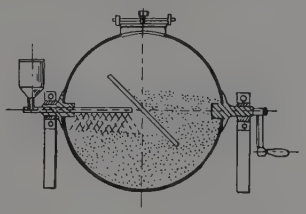


Abb. 110: Trockenbeizer mit Zusatzeinrichtung für Kurznaßbeizung. (Werkbild: Barth)

rohr auf das Getreide zu bringen. Bei einem anderen Trockenbeizgerät kann im Innern der Beiztrommel ein mit Löchern versehenes zylindrisches Gefäß von 1½ bis 2 l Inhalt auf die Achse geschraubt werden (Abb. 109 u. 110).

β) Fortlaufend arbeitende Kurznaßbeizgeräte

Bei der Konstruktion von kontinuierlich arbeitenden Kurznaßbeizgeräten (10, 16, 42, 43, 44, 90, 91 a, 91 b) hat die Industrie dem Wunsche entsprochen, Saatgutreinigung und Beizung in einem Arbeitsgang zu vereinigen und Geräte hergestellt, die an Saatreinigungsanlagen angeschlossen werden können. Bei den zunächst gebauten Geräten war die Beizmittelzuführung auf eine bestimmte Getreidemenge eingestellt. Da die Leistung der Reinigungsanlagen stark schwankte, ließ sich nicht vermeiden, daß die Beizung ungleichmäßig wurde. Man versuchte deshalb, die Zuführung der Beizflüssigkeit selbsttätig durch den Getreidestrom zu regeln. Hierzu mußte zunächst ermittelt werden, wieviel Getreide dem Apparat stündlich zufloß, um danach den Zufluß der Beizflüssigkeit einzustellen. Es gab Geräte, bei denen man die Menge der zufließenden Beizflüssigkeit und des zulaufenden Getreides an einer

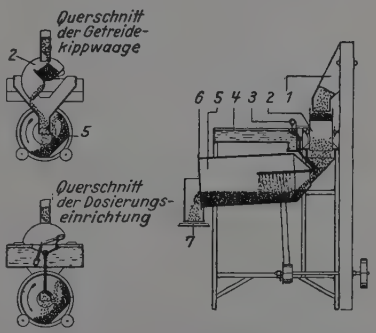


Abb. 111: Kurznaßbeizapparat (Schematische Skizze). 1 = Elevator, 2 = Saatgut-Kippwaage, 3 = Flüssigkeitsdosierung, 4 = Vorratsbehälter für Beizflüssigkeit, 5 = Beiztrommel, 6 = Auslauföffnung (Werkbild: Neuhaus)

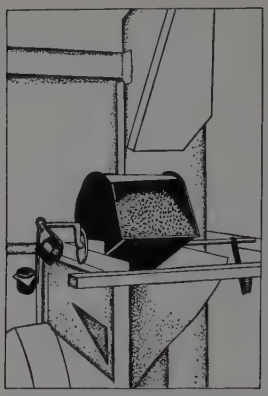


Abb. 112: Saatgut-Kippwaage mit Schöpfbechern für Beizflüssigkeit. (Nach MAIER-BODE, 1947)

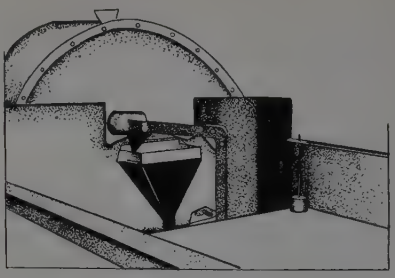


Abb 113: Beizmitteldosierungseinrichtung. (Nach MAIER-BODE, 1947)

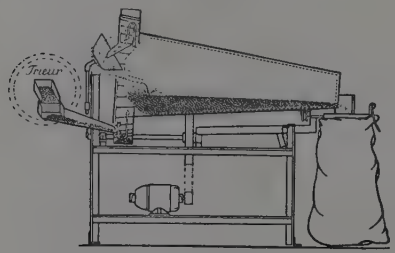


Abb. 114: Kurznaßbeizgerät. (Werkbild: Drescher)

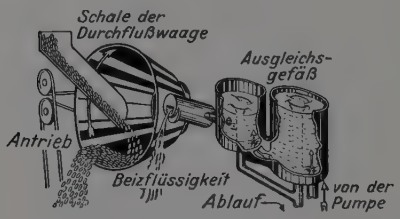


Abb. 115: Benetzungsvorrichtung eines Kurznaßbeizers. (Werkbild: Drescher)

Skala ablesen konnte, so daß dadurch die Einstellung erleichtert wurde. Bei den heutigen Kurznaßbeizgeräten wird zur Regelung von Getreidezufluß und Beizflüssigkeitszufuhr das Getreide z. B. über eine Waage geleitet, die mit der Beizmittelzuführung verbunden ist (Abb. 111 u. 112). Die Beizlösung wird dabei mit Hilfe von zwei Bechern aus einem Vorratsbehälter geschöpft (Abb. 113). Die Konstruktion eines solchen Apparates ist besonders einfach, weil er keine Ventile besitzt. Bei einem anderen Gerätetyp (90) läuft das Getreide über eine Schnurre ebenfalls zu einer Waage, die mit einem Kipprohr verbunden ist. Das Vorratsgefäß wird mittels einer Zahnradpumpe mit Beizflüssigkeit gefüllt (Abb. 114 u. 115). Die nach den beiden letztgenannten Prinzipien funktionierenden Geräte arbeiten, wenn sie zu Beginn richtig eingestellt sind, absolut zuverlässig und automatisch. Bei beiden wird die Menge der zufließenden Beizflüssigkeit durch die Menge des zuströmenden Getreides bestimmt. Dementsprechend hört die Zufuhr von Beizflüssigkeit auf, sobald kein Getreide mehr zufließt. Zunächst glaubte man, bei fortlaufend arbeitenden Kurznaßbeizgeräten die Beizflüssigkeit fein verspritzen oder vernebeln zu müssen, um eine gleichmäßige Benetzung der Körner zu erreichen. So wurde in Holland zunächst eine Beizvorrichtung gebaut, die aus einer 6 m hohen Röhre bestand, durch welche das einfließende Getreide mittels einer Schnecke herabbefördert wurde. Gleichzeitig wurde

aus einem unter Druck stehenden Behälter aus drei Düsen Beizflüssigkeit auf das Getreide gespritzt. Bei einer deutschen Konstruktion (46) tropfte die Beizflüssigkeit auf einen schnell rotierenden Teller (5000 U/Min.) und wurde fein verteilt (42). Das Getreide fiel durch diesen Sprühschleier über einen Kegel, wurde verteilt und so allseitig benetzt. Beim Transport durch eine in einer Mulde lagernden Schnecke erfolgte wiederum weitere Durchmischung des Getreides. Eine Pumpe beförderte die Beizflüssigkeit aus einem Vorratsgefäß in den Beizbehälter, aus dem sie auf den rotierenden Teller gelangte (Abb. 116). Der Zufluß der Beizlösung hörte automatisch auf, wenn kein Getreide mehr zuströmte.

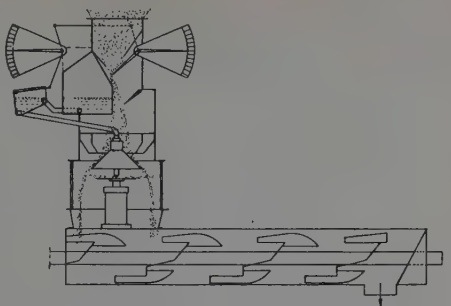


Abb. 116: Kurznaßbeizgerät (schematische Skizze). Durch einen schnell rotierenden Teller wird die Beizflüssigkeit fein verteilt (Werkbild: Miag.)

Einfacher ist die Zuführung der Beizflüssigkeit bei den heute in Gebrauch befindlichen Kurznaßbeizgeräten, bei denen man ganz auf die feine Verteilung der Beizflüssigkeit verzichtet. Es hat sich gezeigt, daß beim Kurznaßbeizverfahren (3—4 l Flüssigkeit je dz) auch bei ruckartigem Zufließen der Beizlösung auf das einströmende Getreide schon eine gleichmäßige Benetzung erreicht wird, wenn eine ausreichende Mischung in einer Trommel erfolgt.

d) Feuchtbeizung

Die neueren Naßbeizverfahren lassen das Streben, durch weitgehende Herabsetzung des Flüssigkeitsaufwandes den Feuchtigkeitsgehalt des Getreides nur unwesentlich zu verändern, erkennen. So werden bei der Feuchtbeizung Beizmittel mit Aufwandmengen bis 1000 ccm/100 kg bei Getreide angewendet. Die Präparate stellen entweder eine Suspension (z. B. Schlämmbeize, slurry) oder eine echte Lösung dar, wobei Wasser oder mehrere Lösungsmittel verwendet werden. Die Beizung von Rübensaatgut erfolgt mit Flüssigkeitsmengen, die in der Regel um 50 % erhöht sind.

Bei der Schlämmbeizung (27) benötigt man 500—1000 ccm Wasser je 100 kg Saatgut. Die Entwicklung der Schlämmbeizung (slurry) nahm von Amerika ihren Ausgang. Sie entstand aus dem Bestreben, ein Verfahren zu finden, das in Bezug auf Wirkung und bequeme Durchführung dem Trockenbeizverfahren gleichwertig, mit dem Hauptnachteil, der unangenehmen Staubentwicklung, aber nicht behaftet war. Als Vorzüge des Verfahrens ist in amerikanischer Literatur die Möglichkeit genauer und gleichmäßiger Dosierung, bei der jede Überdosierung ausgeschlossen sein soll, genannt. Infolge des geringen Flüssigkeitsaufwandes wird das Getreide nicht naß. Eine Rücktrocknung, die ja schon beim Kurznaßbeizverfahren nicht erforderlich war, braucht auch bei der Durchführung der Schlämmbeizung nicht zu erfolgen. Bei einem in Amerika gebräuchlichen Schlämmbeizer (Abb. 117) wird aus einem Schlämmbeizbehälter mittels kleiner auf einer Transportkette aufgesetzter Behälter eine bestimmte Menge Schlämmbeize in die mit Rührwerk versehene Mischkammer befördert, in der Getreide und Schlämmbeize eine innige Durchmischung erfahren.

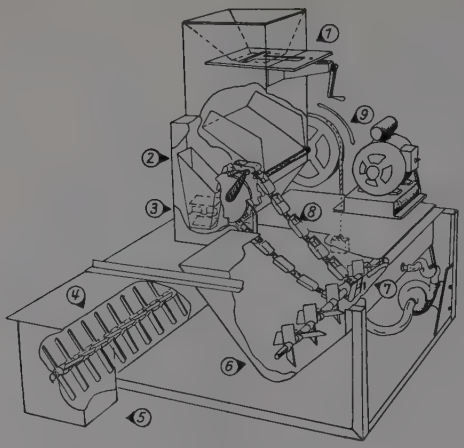


Abb. 117: Schlämmbeizgerät.
1 = Regler für Saatgutzufuhr, 2 = Waage mit Gegengewicht, wenn das Saatgut auf der Waagschale das genaue Gewicht erreicht hat, kippt sie. Das Saatgut gleitet in die Mischkammer. Durch das Gegengewicht wird die Waagschale in die Ausgangsstellung zurückgebracht. 3 = Die Beizlösung läuft über die Verteilerflächen in den Mischbehälter. 4 = Rührwerk, 5 = Beizbehälter, Fassungsvermögen ca. 75,7 l, 6 = Schlämmbeizbehälter mit Rührwerk, 7 = Reinigungsvorrichtung für Schlämmbeizbecher, 8 = Schlämmbeizbecher. (Nach Werkbild: Gustafson)

Saatgutmenge und Schlämmbeizdosis sind aufeinander abgestimmt. Das Gerät ist so konstruiert, daß auf jede durch die Getreidewaage abgemessene Saatgutmenge die Füllung eines Schlämmbeizbechers entfällt. Die Schlämmbeizaufschwemmung wird durch ein Rührwerk bewegt und die Suspensionsteilchen in Schwebe gehalten. In Deutschland wurde ein Schlämmbeizgerät zunächst als Zusatz zu einem Trocken- und Kurznaßbeizgerät konstruiert (Abb. 118). In eine oberhalb der Beiztrommel angebrachte Wanne wird die in Wasser aufgeschwemmte Schlämmbeize eingefüllt. Ein Rührwerk sorgt für die laufende Durchmischung der Wirkstoffaufschwemmung. Durch zwei mit der Getreidewaage gekoppelte Meßbecher wird gleichmäßige Zuteilung des Beizmittels erreicht. Die Durchmischung von Getreide und Beizmittel erfolgt in der Beiztrommel, die sich mit 40 U/min dreht.

Eine Reihe von Geräten bringt noch geringere Flüssigkeitsmengen aus, in diesen Fällen sind die Beizmittel als Lösungen formuliert. Der Aufwand beträgt für die nachfolgend besprochenen Geräte bei Schwergetreide 200, bei Hafer 300 und bei Rübensamen 600 ccm Beizmittel. Der geringe Flüssigkeitsaufwand macht Beizgeräte erforderlich, bei denen vor allem die Zuteilung des Beizmittels exakt und eine besonders gründliche Durchmischung des Getreides mit dem Beizmittel in der Beiztrommel erfolgt. Damit die kleine Beizmittelmenge eines Zuteilungsvorganges nicht von nur relativ wenigen Körnern des zulaufenden Getreides aufgefangen und aufgesogen wird und dadurch die Gleichmäßigkeit der Verteilung leidet, sind verschiedene Wege beschritten worden, die Verteilungsgleichmäßigkeit zu erreichen. Die Getreidewaagen sind im allgemeinen wie bei Kurznaß- und Trockenbeizern ausgebildet. Die Beizmittelzufuhr erfolgt bei einem in Deutschland gebauten Gerät in der Weise, daß eine Membranpumpe die Flüssigbeize aus einem Mittelbehälter ansaugt und in einen Überdruck-

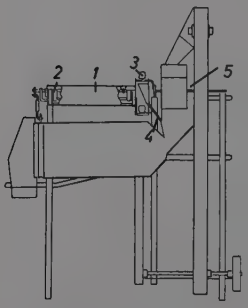


Abb. 118: Schematische Darstellung eines Schlämmbeizgerätes. (Nach Werkbild: Goldsaat).
1 = Trog für Schlämmbeize, 2 = Rührwerk, 3 = Schöpfbecher, 4 = Auslaufrohr für zugeteilte Beizmittelmenge, 5 = Kippwaagenwelle

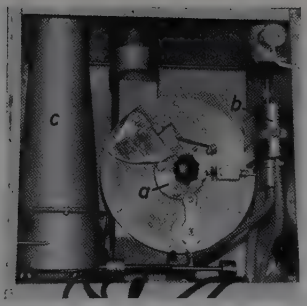


Abb. 119: Dosierungsvorrichtungen eines Feuchtbeizers mit als Sternrad ausgebildeter Vierkammerwaage.
a = Nockenscheibe der Vierkammerwaage, Beizmittelzuteilung über Reduzierventil (b) und c = Dosierungsvorrichtung für Trockenbeizmittel. Photo: Pflanzenschutzamt Münster (Hoppe)

behälter drückt. Der Druck kann verändert und auf einer Manometerskala abgelesen werden. Durch eine kürzere oder längere Öffnungszeit des Ventiles ist eine Regulierung der je Auslösung zugeteilten Beizmittelmenge von 1—18 ccm möglich. Eine weitere Regulierung ist zusätzlich durch Druckveränderung erreichbar. Der Zuteilungsvorgang wird beim Öffnen der Waagschale über ein Gestänge ausgelöst. Das Beizmittel läuft dann unter Druck durch eine Verbindungsleitung an den Eingang der Beiztrommel. Durch einen Umschalthahn kann die Beizflüssigkeit mit einem Meßglas aufgefangen werden, so daß eine Kontrolle der Beizmittelzuteilung leicht möglich ist. In der Mischtrommel befindet sich eine Förderschnecke, die das Saatgut bei gleichzeitiger Durchmischung von Getreide und Flüssigbeize in Absackhöhe bringt. Bei einem holländischen Feuchtbeizer erfolgt die Getreidezufuhr über eine als Sternrad ausgebildete Vierkammerwaage (Abb. 119). Durch ein Schiebegewicht lassen sich die Füllungen auf drei verschiedene Mengen (Schwergetreide, Hafer, Rübensamen) einstellen. Ist durch Getreidezufuhr das Füllgewicht erreicht, dreht sich das Sternrad um eine Vierteldrehung weiter. Während die gefüllte Kammer ausläuft, kann die nächste gefüllt werden. Im Augenblick der Drehung ist der Getreidezulauf unterbrochen. Durch diese Waagenanordnung ist ein relativ kontinuierlicher Getreidezustrom erreicht. Bei jeder Kippung erfolgt Zugabe der Flüssigbeize, die durch eine Membranpumpe aus dem Behälter gefördert und in eine Ventilkammer gedrückt wird. Durch Schlingerwände und Überlauf ist in dieser Kammer ein ruhiges und gleichmäßiges Niveau gewährleistet. Das Kunststoffventil kann durch Gewindedrehung genau auf eine gewünschte Beizmittelmenge eingestellt werden. Der Praktiker braucht nur an der Getreidewaage eine Gewichtsverstellung vorzunehmen, wenn er beabsichtigt, die Beizmitteldosierung von 200 auf 300 oder 600 ccm/dz zu verändern. Die Ventilöffnung erfolgt über einen Kontakt, der einen Elektromangneten betätigt. Zur Erzielung gleichmäßiger Beizflüssigkeitsverteilung wird die zugeteilte Flüssigkeit durch einen Gebläseluftstrom in die

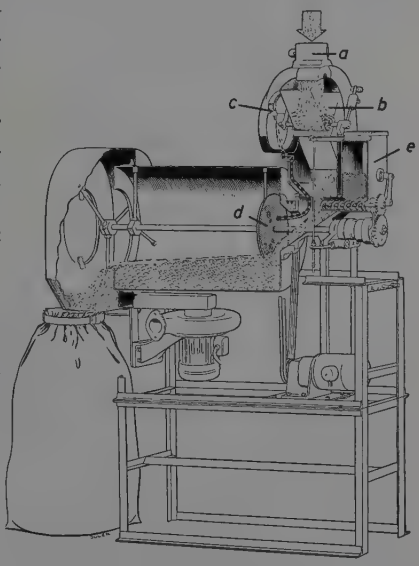


Abb. 120: Schematische Darstellung eines Feuchtbeizers mit Doppelwaage und einem Schöpfbecherpaar.
a = Getreideeinlauf, b = Doppelwaage, c = ein Schöpfbecherpaar, d = Vorverteilerscheibe für die Beizmittellösung, e = Vorrichtung für die Trockenbeizung. Werkbild: Ewos, Södertälje

Trommel eingespritzt. Die großvolumige Mischtrommel senkt sich leicht zur Ablaufseite. Eine schiefe Ebene in der vorderen Hälfte und Umleitbleche in der hinteren Hälfte der Trommel sorgen für die Durchmischung des Getreides. Ein starkes Gebläse saugt sich entwickelnde Gase am Absackstutzen ab.

In Schweden konstruierte Geräte (Abb. 120, 121 u. 122) teilen das Beizmittel über einen oder ein Paar Schöpfbecher zu (Abb. 120 u. 122). Bei einer Gerätetype ist die

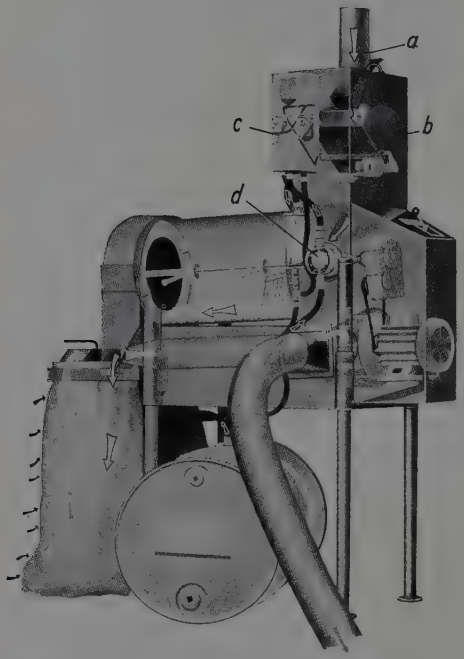


Abb. 121: Schematische Darstellung eines Feuchtbeizgerätes mit Einkammerwaage und Schöpflöffel.
a = Getreideeinlauf, b = Getreidewaage, c = Flüssigkeitsbehälter für Beizmittel, d = Flüssigkeitspumpe
Werkbild: Panogen, Casco, Stockholm

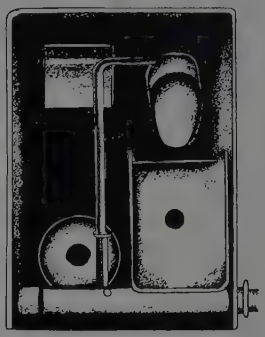


Abb. 122: Dosierungseinrichtung mit Schöpflöffel für die Feuchtbeizung

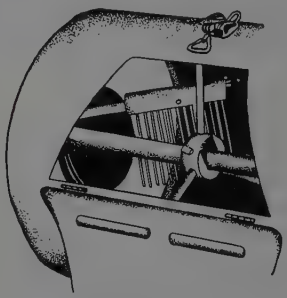


Abb. 123: Blick in das Trommelinnere eines Feuchtbeizgerätes. Der kammartige Einbau dient als Vorverteiler für das Beizmittel

Getreidewaage als Doppelwaage ausgebildet, entsprechend sind auch zwei Schöpfbecher vorhanden, die an einem Schwenkarm befestigt und mit der Getreidewaage gekoppelt bei einer Getreidezuteilung kippen und sich entleeren. In den Behälter, in den die Schöpfbecher zur Füllung eintauchen, pumpt eine Membranpumpe die Flüssigbeize. Durch Auswechseln der Schöpfbecher wie durch Veränderung der Gewichtseinstellung an der Getreidewaage kann eine Einstellung verschiedener Beizmittelmengen erzielt werden. Um eine möglichst gleichmäßige Verteilung des Beizmittels zu erreichen, erfolgt die Zufuhr der Flüssigbeize zunächst auf eine Metallscheibe (Abb. 120), von der sie abläuft und — auf diese Art und Weise vorverteilt — auf das Getreide gebracht wird. Bei einer anderen Konstruktion wird die Gleich-

mäßigkeit der Verteilung über Drahtzinken erreicht, die kammartig in der Beiztrommel hängen (Abb. 123). Über die Zinken soll das Beizmittel ablaufen und damit eine gleichmäßigere Verteilung bewirken. Das vorbeschriebene Gerät wurde in Deutschland umkonstruiert. Wegen unzureichender Verteilungsgenauigkeit des Schöpflöffels (Abb. 123) wurde die Zuteilung über Reduzierventile vorgenommen. Die Abweichungen vom Mittelwert lagen dann unter 1 %. Eine Beruhigung des Flüssigkeitsspiegels im Beizmittelbehälter konnte durch Einbau einer Schlingerwand erreicht werden. Bei Einsatz quecksilberhaltiger Flüssigbeizen ist die Verwendung korrosionsbeständigen Materials notwendig. Metallteile, die ständig mit der Beize in Berührung stehen, sind aus V II A-Stahl zu fertigen und für Leitungen geeignete Kunststoffe zu verwenden. Die bisher für die Feuchtbeizung verwendeten Flüssigbeizen haben einen relativ hohen Dampfdruck. Da bei diesem Verfahren bei dem geringeren Flüssigkeitsaufwand nur eine unvollständige Benetzung des Saatkornes erreicht wird, ist zur Erzielung ausreichender Beizwirkung notwendig, daß die Mittel außerdem in der Dampfphase wirken. Die Vergiftungsgefahr für die Bedienungsleute des Gerätes ist deshalb hinsichtlich der Staubentwicklung behoben, dürfte jedoch infolge der Verwendung besonders in der Gasphase wirksamer giftiger Quecksilberverbindungen fortbestehen.

2. Die Trockenbeizung

Von den Verfahren zur Beizung des Saatgutes hat zur Zeit die Trockenbeizung noch die größte praktische Bedeutung. Bei diesem Verfahren ist es notwendig, das Beizpulver durch Anreiben an die Körner zu bringen. Das Beizpulver lediglich mit dem Saatgut zu vermischen, genügt nicht. Das erforderliche Anreiben kann nur in besonderen Beizgeräten erfolgen, in denen das Saatgut mit dem Beizmittel längere Zeit hin und her geworfen wird. Nach Vormfelde (86, 87) ist die Gleichmäßigkeit der Mischung bzw. Anreibung des Beizmittels an die Körner abhängig 1. von der Form des Beizmittelzutritts zum Saatgut, 2. von der Ausbildung der Mischvorrichtung (Trommel) und 3. von der Durchlaufzeit durch die Mischtrommeln. Die Trockenbeizung bietet besten Schutz gegen nachträgliche Infektionen, da die fungiziden Eigenschaften des Beizmittels bei dieser Art der Anwendung auch nach der Aussaat im Boden fortwirken. Die Trockenbeizpulver enthalten giftige Verbindungen. Daher müssen die Geräte dicht schließen, damit die mit der Beizung Beschäftigten nicht gefährdet werden. Beim Abfüllen des gebeizten Saatgutes in Säcke läßt sich die Staubentwicklung allerdings nicht ganz vermeiden, wenn nicht besondere Vorrichtungen vorhanden sind. Das Bedienungspersonal sollte deshalb beim Absacken Schutzmasken tragen. Zur Verminderung der Staubbelästigung wurde besonders in der ersten Zeit, als die Präparate noch sehr stäubten, empfohlen, um den Sack, in den das gebeizte Saatgut gefüllt wurde, einen zweiten angefeuchteten Sack zu hüllen. Das geschah in der Weise, daß nasse Sackleinwand an einer bügelförmig an dem Gestell der Beizmaschine angebrachten Eisenstange mit Ringen aufgehängt und, nachdem der Sack zum Entleeren des Beizgerätes an der Ausschüttvorrichtung befestigt war, zugezogen wurde (Abb. 124 a). Man hat auch versucht, vor, während und nach der Trockenbeizung noch eine geringe Menge Wasser zuzuführen (81, 21). Durch das Beimischen staubbindender Substanzen konnte das Stäuben zwar eingedämmt, nicht aber ganz beseitigt werden. Diese Staubnaßbeize hat sich in

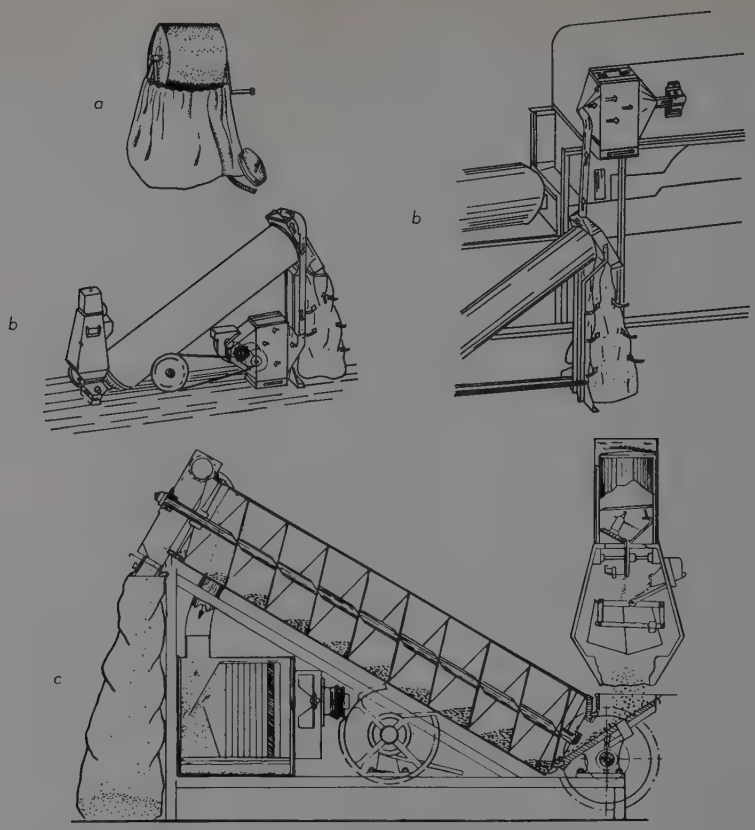


Abb. 124: Verhütung der Staubentwicklung. a durch Umhängen eines angefeuchteten Sackes (nach Maier-Bode, 1947), b durch eine besondere Absaugvorrichtung (nach Werkbild Röber), c Beizgerät mit angebautem Mehrschichtfilter und Absaugventilator (Schnittzeichnung nach Werkbild: Röber). Nach Durchlaufen des Filters ist die Abluft frei von Beizmitteln und sonstigem Staub

Deutschland nicht in die Praxis einführen können, weil das Kurznaßbeizverfahren einfacher, billiger und ebenso sicher ist. Bei der Trockenbeizung von Rübensamen bewährte sich die nachträgliche Befeuchtung des Saatgutes allerdings und ist auch heute noch in Gebrauch. Durch den Wasserzusatz wird gleichzeitig die lästige Staubentwicklung bei der Verarbeitung von Rübensamen herabgesetzt. Später wurden vor allem bei größeren Anlagen Ventilatoren zum Absaugen des Staubes beim Absacken (Abb. 124 b) eingebaut. Die staubhaltige Luft kann durch einen mehrschichtigen Filter (Abb. 124 c) geführt und vom feinsten Körnerschalenabrieb und den vorhandenen kleinsten Beizmittelspuren und sonstigen Staubpartikelchen gesäubert werden. Bei einem in Dänemark hergestellten fortlaufend arbeitenden Beizapparat (Abb. 125) versucht man die Staubentwicklung dadurch zu verringern, daß Wasserdampf, der

durch eine besondere Vorrichtung entwickelt wird, in den hinteren Teil der Beiztrommel gelangt. Er soll sich auf das Korn niederschlagen und ein Stäuben beim Herabfallen des gebeizten Saatgutes verhindern.

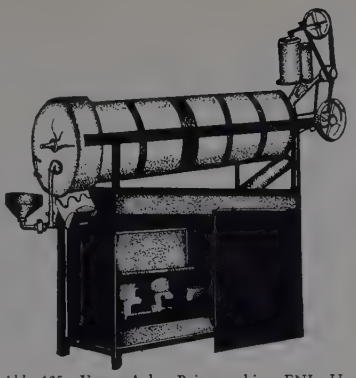


Abb. 125: Vester-Aaby Beitsemaskine FNI. Hersteller Jens Nielsens Maskinfabrik Vester Aaby (Dänemark). Nach der Werbeschrift des Herstellers

α) Unterbrochen arbeitende Geräte

Hierbei wird der Apparat, nachdem er mit Saatgut beschickt und die erforderliche Beizpulvermenge zugesetzt ist, eine gewisse Zeit (meist 3 Minuten) bewegt und dann entleert. Das einfachste unterbrochen arbeitende Trockenbeizgerät ist der Beizsack. Er besteht aus besonders dichtem Stoff und ist mit Schlaufen zum Aufhängen versehen. Mit diesen wird er an einem Wippbalken so befestigt, daß das Saatgut vom Kopf- zum Fußende des Sackes und wieder zurück bewegt werden kann. Die Beizsäcke haben keine große Verbreitung erfahren, da bald Apparate in den Handel kamen, die bequemer zu handhaben und außerdem billiger waren.

Die wichtigsten Typen unterbrochen arbeitender Trockenbeizgeräte (8, 11, 12, 13, 14, 25, 32, 34, 40, 43, 44, 45, 47, 53, 54, 56, 57, 58, 60, 61, 64, 65, 71, 73, 79, 89, 92, 96) sind in Abb. 126 dargestellt. Es handelt sich in den meisten Fällen um Beizzylinder, die an der Längs-, Quer- oder Diagonalachse aufgehängt sind. Daneben gibt es Apparate mit kugel-, kegelstumpf- und würfelförmigen Beizbehältern. Der Antrieb kann mit einer Kurbel oder durch einen Motor erfolgen. Die Zahl der Umdrehungen soll 40 U/min nicht überschreiten, weil sonst die Beizung ungleichmäßig wird. Im Innern der Apparate ist teilweise zur besseren Durchmischung eine Mischleiste angebracht. Bei Beizgeräten, die mit einer an der Längsachse drehbar aufgehängten Trommel versehen sind, wurden umfangreiche Untersuchungen hinsichtlich der Füllhöhe und Umdrehungsgeschwindigkeit durchgeführt. Wansart (87) konnte nachweisen, daß beste Durchmischung bei der Drehzahl von 25 U/min erreicht wird. Bis zu einer Drehzahl von 45 sinkt der Durchmischungsgrad langsam, bei höheren Werten schnell, bis das Saatgut sich bei sehr großer Drehzahl infolge der Zentrifugalkraft an die Wandung legt und nicht mehr eingestäubt wird. Es zeigte sich, daß die günstigste Drehzahl je nach dem verwendeten

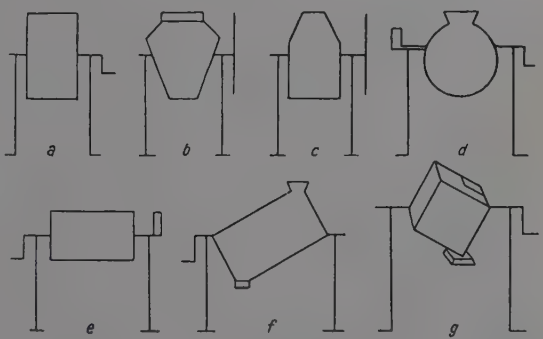


Abb. 126: Verschiedene Typen von unterbrochen arbeitenden Beizgeräten. (Nach Riehm)

Beizmittel verschieden ist (8). Die Gefahr zu schnellen Drehens wird bei einigen Apparaten dadurch verhindert, daß sie mit einer Übersetzung versehen werden. Hinsichtlich der Füllhöhe besteht die Tendenz, sie möglichst hoch zu wählen, um eine hohe Stundenleistung zu erzielen. Sie wird von den meisten Herstellern mit 65 % angegeben. Wansart (87) kam zu dem Ergebnis, daß bei Geräten, die im Innern keine Vorrichtung zur axialen Bewegung der Füllmasse haben, ein einwandfreies Arbeiten nur zu erwarten ist, wenn die Füllhöhe unter 50 % liegt. Dounine und Simsky (8) untersuchten die Beizwirkung bei Füllhöhen von 40, 55, 70 und 85 %. Dabei zeigte sich, daß die Entfernung vom optimalen Wert zwar bei den verwendeten Beizmitteln verschieden ist, daß aber, von wenigen Ausnahmen abgesehen, die Bestäubung bei einer Füllhöhe von 40 % am besten erfolgt. Die Erhöhung der Stundenleistung wird daher zweckmäßig auf andere Weise erreicht. So wurden Geräte konstruiert, bei denen zwei Beiztrommeln an ein Vorgelege angeschlossen sind. Während sich die eine Trommel dreht, wird die zweite entleert und neu beschickt. Solche gekoppelten Maschinen haben eine Stundenleistung von etwa 1000 kg (Abb. 127). Weiterhin sollte eine Einsparung von Arbeitskräften, die sich vor allem durch Einschalten des Beizprozesses in einen ohnehin erforderlichen Arbeitsgang erzielen läßt, zunächst durch den Aufbau eines Beizapparates auf die Drillmaschine erreicht werden. Nach Christensen, Fries und Gram (6) wurde ein solcher Apparat in Dänemark gebaut. Er besteht aus einem Beizzylinder, der die gleiche Länge wie der Saatkasten der Drillmaschine hat. In diesem Zylinder kann eine Achse mit Schaufeln, die schraubenförmig und gegeneinander angeordnet sind, bewegt werden. Die Rührwelle wird mittels Kettenübertragung durch die Fahrräder der Drillmaschine angetrieben. Diese Übertragung kann durch eine Kupplung ein- und ausgerückt werden. In Deutschland wurden Geräte dieser Art zwar patentiert aber nicht gebaut. Der Nachteil einer solchen Kombination dürfte darin liegen, daß das Gewicht der Drillmaschine durch den Aufbau des Beizapparates zunimmt und damit der Kraftverbrauch zu groß wird.

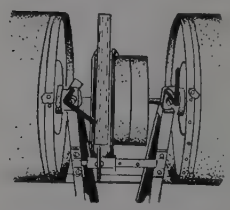


Abb. 127: Zwei gekoppelte Trokkenbeizgeräte. Durch ein Vorgelege können die Mischtrommeln abwechselnd benutzt werden. (Nach MAIER-BODE, 1947)

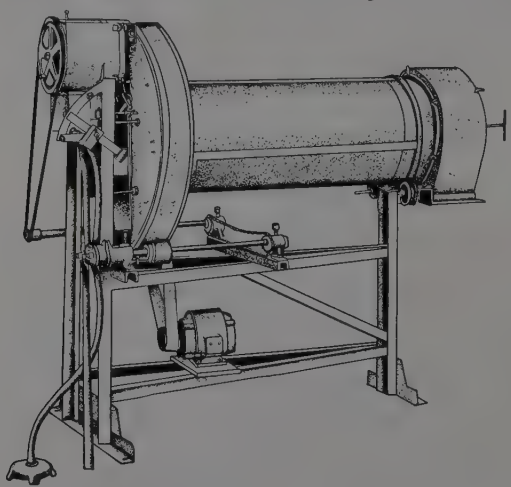


Abb. 128: Kombinierter Trocken- und Kurznaßbeizer mit waagerechter Beiztrommel. (Werkbild: Baumgarten)

β) Fortlaufend arbeitende Trockenbeizgeräte

Bei den kontinuierlich arbeitenden Apparaten (11, 12, 22, 25, 27, 32, 43, 44, 56, 65, 72, 75, 84, 85, 89, 92, 97, 98, 99, 100) unterscheidet man drei Typen, und zwar mit sich drehender Trommel (revolving-cylinder), mit feststehender Trommel (stationary-cylinder) und den „Gravity" Typ. In Deutschland ist vor allem der erste Typ gebaut worden. Mit dem zweiten, bei dem die Durchmischung in einem feststehenden Beizzylinder durch ein bewegliches Rührwerk erfolgt, wurden in Deutschland im allgemeinen weniger gute Erfahrungen gemacht. Der dritte Typ, bei dem das Saatgut beim Herabfallen in einem „Turm" mit dem Beizpulver gemischt wird, ist in Deutschland fast unbekannt.

Bei den Geräten mit sich drehender Beiztrommel kann man zwei Systeme unterscheiden, und zwar das mit waagerechter (Abb. 128) und das mit ansteigender Beiztrommel (Abb. 129). Die Apparate mit ansteigender Trommel, in der das Beizgut durch eine archimedische Schnecke zum Auslauf befördert und gleichzeitig durchmischt wird, haben den Vorteil, daß der Aufschütttrichter niedrig ist und die

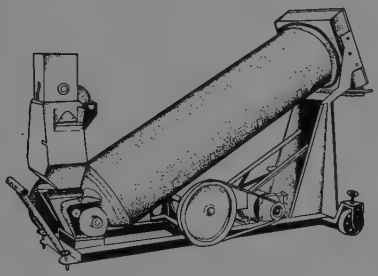


Abb. 129: Trockenbeizgerät mit ansteigender Beiztrommel. (Werkbild: Röber)

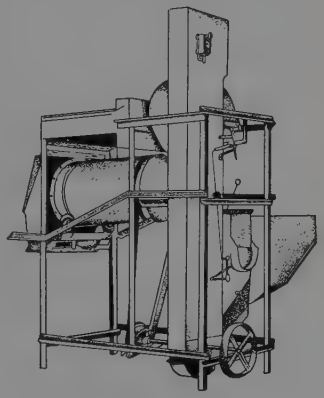


Abb. 130: Kombinierte Kurznaß- und Trockenbeizmaschine. Das Saatgut wird durch einen Elevator hochbefördert. (Werkbild: Neusaat)

Absackstutzen trotzdem in normaler Höhe angebracht sind. Bei Geräten mit liegender Trommel wird diese Forderung heute aber auch schon erfüllt, indem vom niedrigen Einfülltrichter das Saatgut durch einen Elevator zu der für die Absackung in günstiger Höhe liegenden Beiztrommel hochbefördert wird (Abb. 130). Die dosierte Zuführung von Beizmittel und Saatgut wird auf verschiedene Art angestrebt. Einige Konstruktionsversuche bzw. -lösungen seien beschrieben:

Eine Walze führt das Saatgut in stets gleichbleibender Menge der Mischtrommel zu (65). Die Menge des zugeführten Getreides läßt sich durch einen Schieber regeln. Der Beizmittelzuführer ist in der Mischtrommel eingebaut. An dem in die Trommel ragenden Ende ist eine Auswurfwalze angebracht, die mit einer Zahnscheibe fest verbunden ist, in die bei jeder Umdrehung der Mischtrommel ein Hebel greift, der die Auswurfwalze betätigt. Durch eine Abstreiffeder wird das Festsetzen des Beizmittels in den Rillen der Auswurfwalze verhindert. Die Auswurfmenge wird durch Begrenzung des Drehwinkels der Auswurfwalze bestimmt. Der Drehwinkel wird durch eine Scheibe begrenzt, auf der der oben genannte Hebel ruht und dieselben

Umdrehungen macht wie die Mischtrommel. Die Scheibe hat an ihrem Umfang eine verstellbare Unterbrechung. Mittels dieser und mit Hilfe einer Skala wird der Drehwinkel der Auswurfwalze eingestellt. Da der Beizmittelbehälter mit der Trommel rotiert, wird das Beizpulver ohne besondere Rührvorrichtung genügend gelockert. Der in der Trommel eingebaute Beizmittelbehälter hat den Nachteil, daß der Apparat von Zeit zu Zeit angehalten werden muß, um Beizpulver nachzufüllen.

Hoffmann und Belton (25) beschreiben ein System, bei dem der Beizmittelzuführer aus einem Gehäuse besteht, das seitlich eine Öffnung hat. In dem Behälter läuft eine Welle, auf der vier Leisten angebracht sind. Diese Leisten nehmen das Beizpulver mit und werfen es durch die seitliche Öffnung aus. Die etwas geneigte Beiztrommel hat im Innern eine große Zahl von Greifblechen, die so angeordnet sind, daß sie das Beizgut immer wieder zurückwerfen und so einen zu schnellen Durchgang durch die Trommel verhindern. Das letzte Stück der Trommel wird von einem feinmaschigen Sieb gebildet, durch das das überschüssige Beizpulver abfallen soll. Korotkich (32) berichtet über eine Beizmittelzuführung, bei der im Pulverbehälter eine Walze läuft, auf der Leisten angebracht sind. Diese Leisten streichen über ein Sieb am Grunde des Behälters. Die Größe des Siebes kann durch einen Schieber verstellt werden.

Nach Friedrichs (12) wird bei einem anderen Gerätetyp das Beizmittel durch einen Schlitz im Boden des Beizmittelbehälters ausgeworfen. Dieser Bodenschlitz öffnet und schließt sich durch einen unter dem Boden des Beizmittelbehälters und mit der Verschlußplatte verbundenen Eisenstab, der durch einen Nocken des Antriebsrades der Rührwelle zurückgedrückt und durch eine Feder in die ursprüngliche Lage gebracht wird. Auf der Verschlußplatte sitzt ein Zapfen, der die Öffnung säubert. Am Anfang der Saatgutzuführung ist eine Eisenplatte angebracht, die je nach der Menge des zufließenden Saatgutes mehr oder weniger geöffnet wird. Die Bewegung der Klappe überträgt sich durch Hebel auf eine Eisenplatte, die etwas geneigt in der Fassung hin- und hergleiten kann. Auf der Platte ist eine gezähnte Stahlleiste befestigt, gegen die die Verschlußstange stößt. Je nach der durch die Menge des zufließenden Getreides bedingten Stellung der Platte kann die Stoßstange austreten und der Bodenschlitz wird mehr oder weniger weit geöffnet.

Friedrichs (12) beschreibt noch einen anderen Beizer, bei dem der Beizmittelzuführer aus einem zylindrischen Gefäß, an das ein wesentlich engeres unten angesetzt ist, besteht. Über die schräg abfallende Bodenfläche des weiteren Zylinders streicht ein Schabeisen, das an der in diesen Teil hineinragenden Welle befestigt ist. Das Schabeisen wird durch Riemen- und Zahnradübertragung angetrieben. Es soll ein Festsetzen des Beizmittels verhindern und es außerdem langsam in den engeren Teil befördern. An der Welle ist ferner gegenüber dem Schabeisen eine kleine Eisenplatte angebracht, die ein Abfallen des Beizmittels an dieser Stelle verhindern soll. In den engeren Teil ragt ein Kegel, über den ebenfalls ein Schabeisen streicht und das Beizmittel durch eine seitliche Öffnung treibt. Diese Öffnung kann durch einen Stellring verstellt werden, und zwar durch einen außen am Behälter als Zeiger ausgebildeten Hebel, der sich auf einer Skala bewegt. Dem Übelstand, daß sich die Austrittsöffnung verstopft, wird durch eine kleine Stahldrahtbürste hinter dem Schabeisen, die die Öffnung säubert, begegnet. Nach dem Austreten fällt das Beiz-

mittel in einem Rohr senkrecht herab und trifft mit dem Saatgut beim Ausströmen aus dem Ausschütttrichter zusammen.

Erste Versuche (1931) mit automatischen Waagen ergaben zunächst noch keine in der Praxis brauchbaren Ergebnisse. Das Saatgut strömte dabei beim Austritt aus dem Ausschütttrichter auf eine Waagschale, die mit einem Gewicht ausgewuchtet war. An der Verbindung zwischen Waagschale und Gewicht befand sich ein Zeiger, der auf einer Skala lief, auf der die Gewichte des eintretenden Saatgutes angezeigt wurden. Beim praktischen Einsatz zeigte sich, daß die Gewichte des durchlaufenden Getreides oft nicht richtig angegeben wurden und daher keinen ausreichenden Anhaltspunkt für die Beizmitteleinstellung boten.

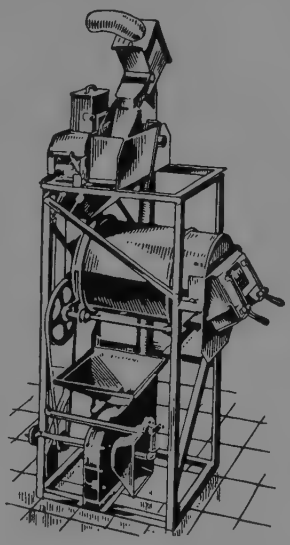


Abb. 131: Trockenbeizgerät, bei dem das Saatgut durch Windförderung zur Getreidewaage gelangt. (Werkbild: Meys)

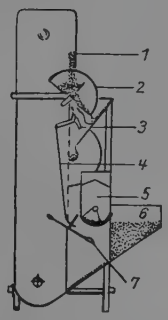


Abb. 132: Schnittzeichnung eines kombinierten Kurznaß- und Trockenbeizgerätes zeigt Kopplung von Getreide- und Beizmittelwaage 1 = Bedienungselevator, 2 = Kippwaage, 3 = Einstellhebel für Hubstange, 4 = Hubstange für Beizpulverwaage, 5 = Beizpulverbehälter, 6 = Saatguteinschüttbehälter, 7 = Beizpulverwaage. (Nach Werkbild: Neusaat)

Die Erfüllung der Forderung, Reinigung und Beizung in einem Arbeitsgang zu vereinigen und die Zuführung des Beizpulvers selbsttätig durch den Getreidestrom zu regeln, wird dann in ähnlicher Weise, wie bei den schon beschriebenen Kurznaßbeizgeräten möglich. Bei den neuesten Trockenbeizgeräten werden sowohl das laufend zufließende Getreide wie auch das Beizpulver gewogen.

Das erfolgt z. B. in der Weise, daß das Getreide mittels Windförderung durch ein Steigrohr der Getreidewaage zugeleitet wird (Abb. 131). Durch ein besonderes Schaltwerk erreicht man die Zusammenarbeit zwischen Getreidewaage und Beizpulverwaage. Letztere hat einen besonderen Antrieb, der ein exaktes Arbeiten der Waage gewährleistet. Die Konstruktion garantiert stets gleichbleibende Beizmittelzuteilung.

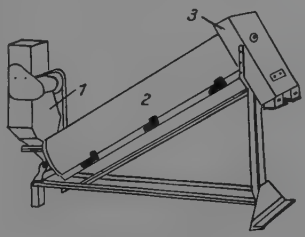
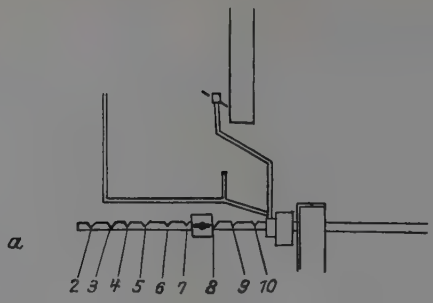


Abb. 133: Schemazeichnung eines Trockenbeizgerätes mit ansteigender Beiztrommel. 1 = Dosierungsgerät, 2 = Mischtrommel, 3 = Absackkasten (Nach Werkbild: Röber)

Bei einem anderen Gerätetyp wird die Verteilung des Beizpulvers dadurch geregelt, daß das Saatgut über eine Getreidewaage läuft, die mit einer Hebelvorrichtung verbunden ist, die die Beizmittelzuführung entsprechend öffnet.



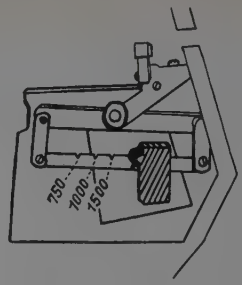


Abb. 135: Saatgutwaage ist auf Mengen von 750, 1000, 1500 und 2000 g einstellbar. Normal ist eine Einstellung von 1500 g. Die 750 g-Einstellung wird nur bei Leichtgut (Rübensamen) oder bei Hafer angewendet. (Nach Werkbild: Röber)

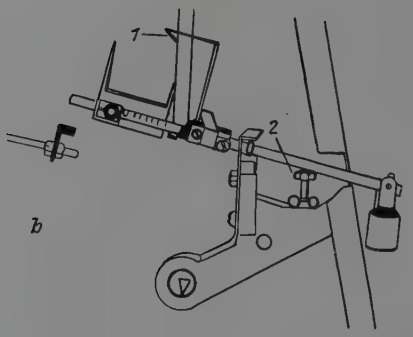


Abb. 134: Beizmittelwaage.
a = auf 8 g Beizmittel eingestellt, b = in Tätigkeit. Der Auskratzer (1) greift in die Rille des Beizrades; 2 = Ausschlagschraube. (Nach Werkbild: Röber)

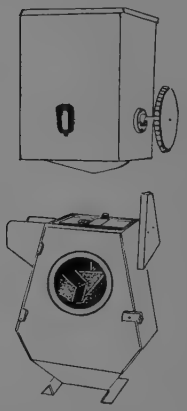


Abb. 136: Dosierungsgerät mit Beizmittelbehälter. (Nach Werkbild: Röber)

Bei dem in Abb. 128 dargestellten Gerätetyp ist vor dem Beizmittelbehälter eine Getreidewaage eingebaut, die mit der Waage für das Beizpulver verbunden ist. Die Waagen müssen vor der Beizung nach Getreide- und Beizmittelart eingestellt werden. Die Getreidewaage wird durch ein Zellenrad mit Körnern beschickt.

Die Funktion von Getreide- und Beizmittelwaage eines kombinierten Kurznaß- und Trockenbeizers (Abb. 130) wird in der Schnittzeichnung (Abb. 132) deutlich. Das Saatgut wird durch einen Beschickungselevator zur Kippwaage befördert. Diese steht über eine Hubstange mit der Beizmittelwaage in Verbindung, so daß eine vollauto-

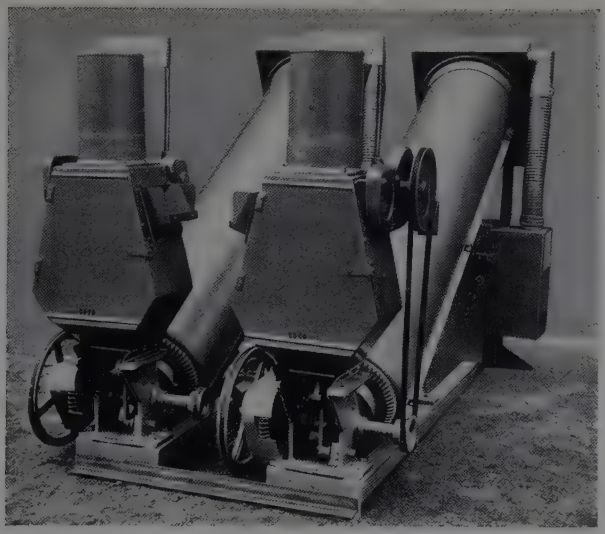


Abb. 137: Vereinigung von zwei Trockenbeizgeräten zu einem Aggregat. (Werkbild: Röber)

matische Beizmitteldosierung im Verhältnis zur zulaufenden Getreidemenge erreicht wird.

Bei einem weiteren Gerätetyp (Abb. 133) sind an der Beizmittelwaage die erforderliche Beizmittelmenge (Abb. 134) und an der Getreidewaage die entsprechende Getreidemenge (Abb. 135) einzustellen. Zum Beizmitteldosierungsgerät (Abb. 136) gehört der Beizmittelbehälter, in dem sich seitlich zwei rotierende Rührschaufeln befinden. In der Mitte läuft eine windmühlenartig ausgebildete Druckscheibe. Diese hat die Aufgabe, das Beizpulver in die seitliche Rille des Beizmittelzuteilungsrades einzudrücken. An der Beizmittelwaage befindet sich ein waagerechter Stab zum Einstellen der Beizmittelmenge. Je nach eingestellter Beizmittelmenge geht der Auskratzer tiefer in die Rille des Beizrades. Die Entleerung der Rille im Beizbehälter erfolgt also schneller.

Die Stundenleistung der Geräte liegt im allgemeinen bei 1200—1500 kg Schwergetreide. Eine Vereinigung mehrerer Maschinen zu einem Aggregat, die durch eine Zuführungsschnecke gespeist werden, ermöglicht eine wesentliche Erhöhung der Stundenleistung (Abb. 137).

Im Ausland sind noch eine Reihe anderer Trockenbeizgerätetypen in Gebrauch, das Arbeitsprinzip einiger fortlaufend arbeitender Beizer sei kurz beschrieben.

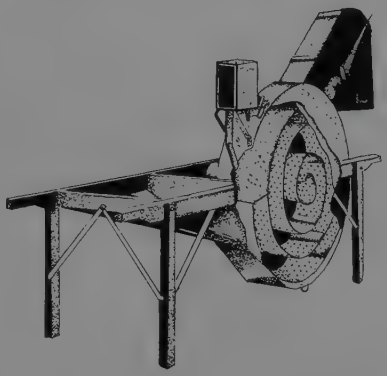


Abb. 138: „Gaston Spiral Grain Pickler" Gaston Bros. Propety Ltd. Kensington, Melbourne (Australien). (Nach einer Werbeschrift des Herstellers)

Es handelt sich um Geräte mit feststehender Beiztrommel und um Apparate des „Gravity Typs“ (27). Der in Abb. 138 dargestellte Trockenbeizer wird in Australien benutzt. Im Beizbehälter bewegt sich eine Spirale aus durchlöchertem Blech. Saatgut und Beizpulver werden in die äußere Windung der Spirale eingeleitet. Durch Querleisten auf der Spirale wird das Beizgut daran gehindert, zu schnell durchzulaufen. Aus der inneren Windung wird das Beizgut zur Absackvorrichtung gebracht. Bei einem anderen in Australien gebräuchlichen Apparat (Abb. 139) wird das Saatgut nach dem Auslauf aus dem Ausschütttrichter mit dem Beizpulver durch ein Rührwerk gemischt und kommt dann auf einen Elevator, auf dem eine weitere Durchmischung und der Transport zum Auslauf erfolgt. Die Förderbleche des Elevators bestehen aus durchlöchertem Eisenblech, so daß das überschüssige Beizpulver durchfällt und entfernt wird. Ein dritter in Australien gebauter Beizer vereinigt rotierende und feststehende Trommel. Der Apparat besteht aus einer Beiztrommel, die sich dreht, und je einem

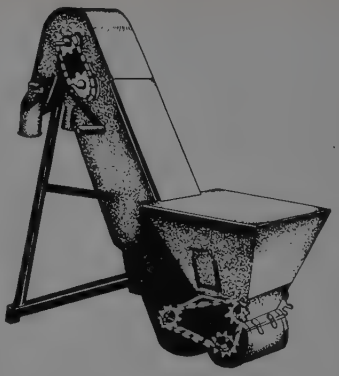


Abb. 139: "Federal Dry Pickler" T. Robinson & Co. Propety Ltd. Spootswood Victoria (Australien). (Nach einer Werbeschrift des Herstellers)

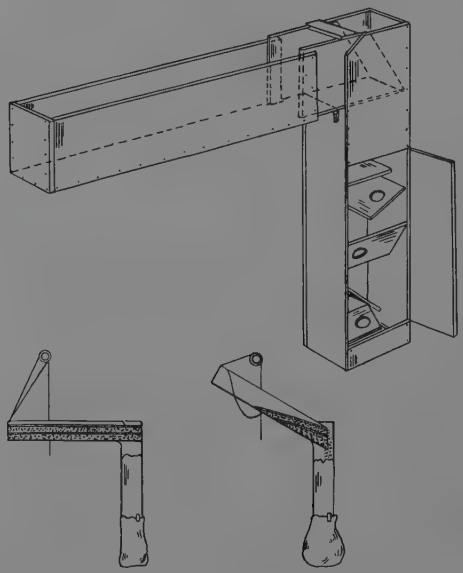


Abb. 140: Minnesota-Beizer, ein Gerät des „Gravity-Typs“. (Nach HOUGH und MASON, 1951)

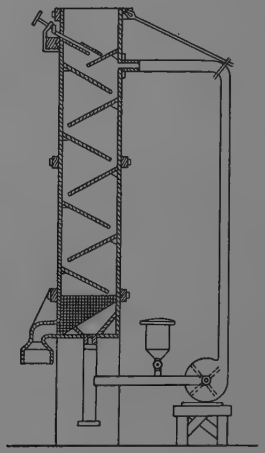


Abb. 141: Trockenbeizapparat des „Gravity-Typs“. (Nach Hoffmann und Belton)

engeren Zylinder am vorderen und hinteren Teil des Apparates, der feststeht. Durch den ganzen Apparat geht eine Achse, an der eine Misch- und Förderschnecke angebracht ist, die nur in der Mitte kurz unterbrochen ist. In dem Beizpulverbehälter, der aus einem weiteren und engeren Teil besteht, sind eine Feder und an zwei Wellen Stäbe angebracht, die das Beizpulver auflockern. Nach dem Austritt am Grunde des Behälters wird das Pulver durch eine Schnecke dorthin befördert, wo das Saatgut einläuft. Eine Vormischung erfolgt bereits in dem vorderen engeren Teil. Das Saatgut wird dann weitergeschoben, fällt in den weiteren Teil des Apparates, wird herumgeworfen, trifft beim Herunterfallen auf die schiefe Ebene, die aus gelochtem Blech besteht, so daß das überschüssige Beizpulver entfernt wird und rollt in den hinteren engeren Teil, in dem eine nochmalige Mischung und das Befördern zum Absackstutzen erfolgt.

Der „Gravity Typ" (Abb. 140 u. 141) ist zunächst in Amerika gebaut worden. Zwei Systeme dieses Typs sind von Hoffmann und Belton (25) beschrieben worden. Beim ersten System ist die Fallröhre des Saatgutes etwa 3 m hoch. In dem „Turm" sind an den gegenüberliegenden Seiten in bestimmten Winkeln Stufen so angebracht, daß das Saatgut von einer Stufe zur anderen herabrollt. Unten befindet sich ein schräg gestelltes Sieb, durch das das überschüssige Beizpulver entfernt werden soll. Das Beizmittel wird durch einen Ventilator oben in den Turm eingeblasen. Durch den Ventilator wird auch das abgesiebte Pulver dem Beizgut wieder zugeführt.

Bei dem weiteren von Hoffmann und Belton (25) beschriebenen Apparat sind die Stufen stärker geneigt. Die Höhe des „Turmes" beträgt etwa 5 m. Das Beizpulver wird oben durch eine Zuführungsvorrichtung neben dem Getreideeinlauf eingeleitet. Nach dem Durchlauf durch den Apparat fällt das Beizgut in einen Trichter, an dem der Sack angehängt wird. Der Sack ist von einem Gehäuse umgeben, aus dem der entweichende Staub durch einen Ventilator abgesaugt wird.

Ein Apparat nach demselben Prinzip wird in Rußland gebaut. Er weicht insofern von dem amerikanischen Sytem ab, als das Saatgut nicht über Stufen abwärtsrollt, sondern abwechselnd durch Trichter und über unter diesen Trichtern angebrachte Kegel läuft. Am Grunde des „Turmes" wird das Saatgut über ein Sieb in zwei Tröge geleitet, in denen es durch Schnecken zu den Absackstutzen gebracht wird. An diesem befinden sich automatische Waagen. Der Antrieb der Beizmittelzuführung erfolgt durch ein Zellenrad, das durch das einlaufende Getreide bewegt wird. Beim Aufhören des Getreidezulaufes hört auch die Beizmittelzuführung auf. In dem Beizmittelbehälter ist ein besonderes Rührwerk angebracht. Die Zuführung kann zunächst durch einen Kegel auf der Speiseschnecke verstellt werden, außerdem durch Auswechseln der Antriebszahnräder. Das Saatgut läuft nach Angabe von Korotkich (32) in 5 Sekunden durch den Apparat. Bei der vorgenommenen Prüfung waren die Schwankungen in der Beizmittelzuführung recht beträchtlich.

Ein in Schweden verwendeter Trockenbeizer weicht wesentlich von dem ursprünglichen „Gravity-Typ" ab. Er besteht aus einem Beizzylinder, der senkrecht in einem Gestell aufgehängt ist. In dem Zylinder wird ein Rührwerk bewegt. Oben auf dem Zylinder befindet sich ein kleiner Trichter für das Saatgut und die Beizmittelzuführung. Die Getreidezufuhr wird durch einen Schieber geregelt. Der Antrieb kann

durch eine Handkurbel oder durch maschinelle Kraft erfolgen. Nach dem Durchlauf durch die Maschine rollt das Saatgut über ein Sieb seitwärts in den Sack. Die Höhe des Auslaufes kann durch Verstellen des Beizzylinders in dem Gestell reguliert werden. Die Stundenleistung des Apparates beträgt nach Angabe des Herstellers 1200 kg.

3. Die Heiß- und Warmwasserbeizung

Die Bekämpfung des Flugbrandes bei Weizen und Gerste ist mit den üblichen chemischen Beizverfahren nicht möglich. Es wurden deshalb physikalische Beizverfahren erprobt, von denen bisher nur Heiß- bzw. Warmwasserverfahren größere praktische Bedeutung erlangt haben. Das Bemühen, durch elektrische, Röntgen- oder Ultraviolett-Bestrahlung sowie Beschallung zu Erfolgen (15, 50, 51, 55) zu kommen, ist bisher über das Versuchsstadium nicht hinausgewachsen. Die Heißwasserbehandlung geht auf Untersuchungen des dänischen Forschers Jensen (30) zurück, der als erster empfahl, die Flugbrandkrankheit bei Gerste und Weizen durch Warmwasserbehandlung zu bekämpfen. Durch Appel und Riehm (2) wurde seit 1911 das Heißwasserverfahren so ausgebaut, daß es heute bei richtiger Anwendung keine nennenswerte Einbuße an Keimkraft mehr zur Folge hat. Zur Abtötung der Flugbranderreger bei Weizen ist eine Temperatur von 51—52° C erforderlich, die Keimkraft des Getreidekornes wird bei 54—55° C zerstört. Geringste Ungenauigkeiten können erhebliche Schädigungen bewirken. Bei der Anwendung des Heißwasserverfahrens (76, 77) kommt es deshalb besonders darauf an, in den Geräten die Temperatur des Wassers während der Beizdauer konstant zu halten. Da beim Eintauchen des Getreides in den Heißwasserbehälter eine Abkühlung eintritt, muß dafür gesorgt werden, daß die Temperatur wieder auf die erforderliche Höhe gebracht wird (Abb. 142), wenn man nicht das Getreide herausnehmen und in ein neues Gefäß mit richtig

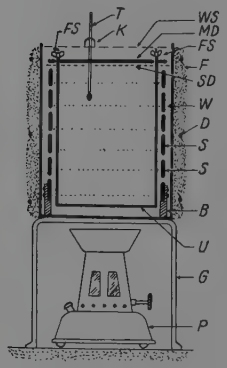


Abb. 142: Selbstgefertigtes Heißwasserbad
W = Wasserbad, F = Filzmantel, durch Drähte (D) gehalten, S = Sieb, davon das Bodensieb mit drei Beinen (B), U = U-förmig gebogener Eisenstab mit Flügelschrauben (FS), dazu durchbohrter Metalldeckel (MD) zum Zusammenhalten der Siebe, SD = Maschinendrahtdeckel für das oberste Sieb, T = Thermometer in einem durchbohrten Korb (K) auf dem Wasser schwimmend, WS = Wasserspiegel bei gefülltem Bad, G = Gestell, P = Petroleumbrenner. (Aus einem Flugblatt des Min. Agric. a. Fish., London)

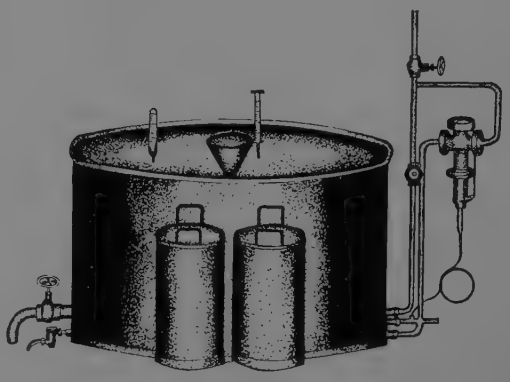


Abb. 143: Warmwasserbeizapparat. (Nach Werkbild: Reuters)

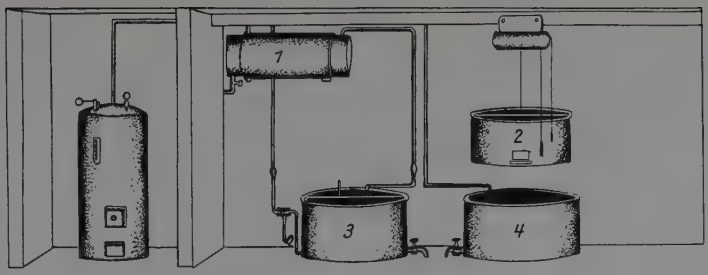


Abb. 144: Warmwasserbeizeinrichtung. 1 = Vorwärmer, 2 = Einsatzkorb, 3 = Beizbottich, 4 = Abschreckbottich. (Nach Werkbild: Reuters)

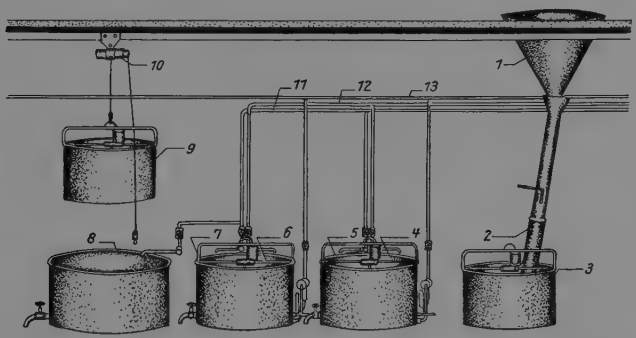


Abb. 145: Warmwasserbeizeinrichtung. 1 = Einfülltrichter, 2 = Schwenkrohr, 3 = Einsatzkorb, 4 = Einsatzkorb, 5 = Beizbottich, 6 = Einsatzkorb, 7 = Beizbottich, 8 = Abschreckbottich, 9 = Einsatzkorb, 10 = E-Zug, 11 = Kaltwasser, 12 = Warmwasser, 13 = Dampf. (Nach Werkbild: Reuters)

temperiertem Wasser bringen will. Bei der praktischen Durchführung der Heißwasserbehandlung wird das Getreide in warmem Wasser (25 bis 30° C) vorgequellt. Beim Einstellen der Säcke in das Vorquellwasser, wie auch in den Beizbehälter dürfen die Säcke nur bis höchstens $^3/_4$ gefüllt und müssen ganz oben zugebunden werden, damit ein freier Raum entsteht, da das Getreide bei der Quellung viel Wasser aufnimmt. Die in das Wasser eingetauchten Säcke müssen im Wasser mehrfach auf- und abbewegt werden, damit die dem Korn anhaftende Luft entweichen und jedes Korn benetzt werden kann. Zur Durchführung der Heißwasserbeizung benutzt man möglichst große Bottiche und Behälter, da eine große Menge Wasser beim Einstellen des kalten Getreides weniger rasch abkühlt als eine kleine Wassermenge. In die Beizgefäße ist Wasser von einer Temperatur von 54° C einzufüllen. Das Getreide wird im ersten Faß vorgewärmt und bleibt dort eine Minute, höchstens jedoch zwei Minuten. Damit die Anwärmung des ganzen Sackinhaltes gleichmäßig erfolgt, werden die Säcke auch deswegen einige Male auf- und abbewegt. Nach spätestens zwei Minuten werden die Säcke in den zweiten Bottich mit Wasser von 54° C eingestellt. Da das Getreide vorgewärmt ist, sinkt die Temperatur wenig ab. Meist bleibt sie konstant bei 51—52° C. Im zweiten Bottich bleibt das Getreide etwa 10 Minuten. Die Temperatur des Wassers muß durch vorsichtige Zugabe heißen

Wassers auf 51—52° C gehalten werden. Nach erfolgter Beizung ist für rasche Abkühlung zu sorgen.

Eine Abänderung des oben beschriebenen Heißwasserbeizverfahrens ist das sogenannte Warmwasser-Dauerbad (73). Hierbei wird die Abtötung des Flugbranderregers durch nicht so hohe Temperaturen, dafür aber um so längere Einwirkungsdauer erreicht. Bei diesem Verfahren kann das Vorquellen in Fortfall kommen; das Saatgut wird sofort in Bottiche getaucht (Abb. 143—145), die mit Wasser um 50° C gefüllt sind. Durch das Eintauchen der Säcke mit ihrem kalten Körnerinhalt sinkt die Temperatur ab. Sie soll auf 45° C gehalten werden. Damit das Getreide möglichst rasch die gewünschte Temperatur gleichmäßig bekommt, wird es auch bei diesem Verfahren in Bottichen durch wiederholtes Tauchen der Säcke bewegt. In der Warmwasserbeize verbleibt das Getreide bei diesem Verfahren zwei Stunden. Nach Beendigung der Beizung wird das Getreide flach ausgebreitet und zur Trocknung umgeschaufelt. Auch hier kommt es darauf an, daß die Abkühlung alsbald erfolgt, um Keimschädigungen zu vermeiden.

Riehm (62) berichtet über ein Gerät, das im Abschnitt Tauchbeizung bereits erwähnt wurde. Das Getreide wird in einen Beizzylinder aus feinmaschigem Drahtgeflecht gefüllt, der an einem über eine Rolle laufenden Drahtseil aufgehängt ist. Vermittels einer Winde kann der Beizzylinder gehoben und gesenkt werden. Unter dieser Vorrichtung stehen auf einer fahrbaren Unterlage gewöhnliche Fässer, die das heiße Wasser enthalten. Im ersten Faß wird das Getreide vorgewärmt, dann hochgewunden und in das nächste Faß mit Wasser von gewünschter Temperatur gesenkt.

Nach einem holländischen Verfahren beizt man das Getreide in einer horizontal aufgehängten Trommel aus Kupfersiebblech, die in einem Heißwasserbehälter in Umdrehung versetzt werden kann. Nach Ablauf der Beizdauer wird die Beiztrommel mit Hilfe von zwei Riemen aus dem Wasser auf einen Tisch gehoben und von dort in ein fahrbares Gefäß entleert (83). In Dänemark führt man die Säcke an einer Gleitbahn zu dem Beizbehälter, der aus einem Warmwasserbehälter mit Wasser von konstanter Temperatur gespeist wird. Mit Hilfe einer Winde werden die Getreidesäcke eingetaucht, nach Ablauf der Beizdauer hochgewunden und wieder an einer Gleitbahn zu einer Kaltwasserdusche geführt, damit Keimschädigungen vermieden werden. Nachher werden die Säcke auf Roste gelegt, durch die warme Luft geblasen wird, um das Korn schnell zu trocknen.

Bei den vorbeschriebenen Einrichtungen wurde der Transport des Getreides erleichtert, bei den folgenden in erster Linie Wert auf die Erhaltung konstanter Temperatur im Heißwasserbehälter gelegt (77). Tapke beschreibt eine Heißwasservorrichtung, die nur aus einem Behälter besteht, in dem die Temperatur des Wassers automatisch durch Zuströmen von Dampf konstant erhalten wird. Das Wasser wird maschinell durch einen Rührapparat in Bewegung gesetzt, damit in dem ganzen Behälter gleiche Temperatur herrscht. Husfeld und Tamm (29) konstruierten eine Vorrichtung, bei der das Wasser schwach mit Salzen versetzt und durch zwei im Beizbehälter gegenüberliegende Elektroden Wechselstrom eingeleitet wurde. Nach Erwärmung des Wassers auf die richtige Temperatur schaltete sich der Strom automatisch aus. Nach Ablauf der Beizdauer lief das Wasser in einen Reservebehälter. Sodann wurde der ganze Apparat um 180° gedreht, das Getreide entleert und das warme Wasser in den Beizbehälter zurückgeführt.

In dem Appel-Gassnerschen Apparat (1) erfolgt die Heißwasserbeizung nach der sogenannten Durchströmungsmethode (Abb. 146). Gleichmäßige Erwärmung des Getreides wird dadurch erreicht, daß man aus einem einige Meter höher aufgestellten Vorratsgefäß Wasser der gewünschten Temperatur in das Beizgefäß strömen läßt, bis die Temperatur im Beizbehälter die richtige Höhe erreicht hat. Das überschüssige warme Wasser fließt durch einen Überlauf ab, der mit einem Sieb verschlossen ist, damit nicht Getreidekörner mit fortgeschwemmt werden. Bei dieser Form der Beizung geht aber heißes Wasser verloren, man verbraucht für 100 kg Saatgut etwa 300 l heißes Wasser (9). Stranak (74 a u. b) berichtet über ein Gerät, bei dem das ablaufende Wasser mit zwei Spiritusbrennern erwärmt und dem Beizbehälter wieder zugeführt wird. Aus dem Vorratsbehälter gelangt das Wasser mittels einer von Hand bedienten Pumpe in den Beizbehälter und läuft durch das Getreide in den Vorratsbehälter zurück. Es gibt auch Geräte (82), bei denen das Wasser durch eine Pumpe in ständigem Kreislauf erhalten wird. Nach Durchlauf durch den Beizbehälter erfolgt in einem Heizgefäß wieder die Erwärmung des Wassers auf die gewünschte Temperatur. Bei einem anderen Gerätetyp wird das Getreide mit Hilfe eines Kompressors von heißem Wasser durchströmt.

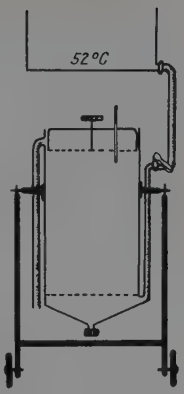


Abb. 146: Schema eines Heißwasserapparates nach Appel-Gaßner. (Nach MAIER-BODE, 1947)

Die bisher beschriebenen Heißwasservorrichtungen arbeiten unterbrochen. Bei einem fortlaufend arbeitenden Warmwasserbeizgerät fällt das Getreide über eine Verteilerwalze auf ein im Wasserbad umlaufendes Transportband. Der Durchlauf durch das Warmwasserbad vollzieht sich in 7—8 Minuten. Das Getreide läuft dann etwa die gleiche Zeit außerhalb des Bades auf dem Transportband weiter, damit es abgekühlt wird, fällt durch einen Trichter und wird in einem Korb oder Sack aufgefangen. Die Erwärmung des Wassers erfolgt durch einen Petrol-Gasbrenner, die Temperaturregelung geschieht automatisch. Der Apparat hat eine Stundenleistung von 200 kg Weizen.

Nach den Untersuchungen von Appel und Riehm (2) leidet bei sorgsamer Durchführung der Heißwasserbehandlung die Keimfähigkeit des Getreides nicht wesentlich. Voraussetzung dafür, daß die Keimschädigung nicht eintritt, ist in erster Linie, daß die Temperatur die kritischen Grenzwerte nicht überschreitet. Da es normalerweise in landwirtschaftlichen Betrieben nicht möglich ist, ohne besonders geschulte Kräfte das Verfahren durchzuführen, beschränkt sich die Anwendung der Heißwasserbeize fast ausschließlich auf die Saatzuchtwirtschaften. Die Schwierigkeiten, die sich dadurch ergaben, daß geringe Überschreitungen der Temperatur von 52° C sehr starke Keimschädigungen hervorrufen, sollten, wie schon vorher beschrieben, durch Einführung der sogenannten Warmwasserbehandlung behoben werden (73). Gassner (20) hat gezeigt, daß dieses Verfahren, bei dem zur Bekämpfung des Gerstenflugbrandes das Saatgut zwei Stunden bei etwa 45° C gehalten wird, ebenfalls zur Bekämpfung des Weizenflugbrandes Verwendung finden kann, wenn die Tauchdauer auf etwa 3 Stunden erhöht wird. Linskens (37, 38) hält gegen Weizensteinbrand

eine Beizdauer von 2½ Stunden bei 46° C für richtig. Nach Weck (88) sind aber auch bei der Warmwasserbehandlung Keimschäden nicht ausgeschlossen. Häufig treten diese bei der anschließenden Trocknung ein (4, 88). Schaumburg (68) hält diejenige Trocknungsmethode für die beste, die dem Getreidekorn gestattet, das aufgenommene Wasser in einer der natürlichen Feuchtigkeitsabgabe möglichst nahekommenden Geschwindigkeit abzugeben. Rasche Trocknung kann zu Zerrungen des aufgeweichten Gewebes und zur Abtötung des Kornes führen, zumindest aber eine Schwächung der Keimenergie bewirken. Linskens (38) empfiehlt, den Rücktrocknungsprozeß so zu gestalten, daß er angelaufene physiologische Vorgänge möglichst wenig schädigt; dabei kommt es nach seiner Ansicht weniger auf die Trocknungstemperatur als auf die Geschwindigkeit des Wasserentzuges an. Das Einschieben einer vorübergehenden Lagerung (1—2 Tage) des heiß- bzw. warmwasser-gebeizten Getreides (bei seinen Untersuchungen Weizen) in beiznassem Zustand kann eventuell hervorgerufene Keimschäden weniger hervortreten lassen. Er meint, daß Heißwasserbad und Trocknung nur zusammen als ein Verfahren gesehen werden dürfen.

Es ist selbstverständlich, daß man bestrebt war, Verfahren zu entwickeln, die keine Rücktrocknung erfordern. Gassner (19) empfiehlt Behandlung des Saatgutes mit 17—18 l Wasser je 100 kg bei 46° C drei Stunden lang. Das gebeizte Getreide muß 1—2 Tage liegenbleiben und erst dann, falls noch notwendig, zurückgetrocknet werden. Gassner (20) führt die Behandlung des Saatgutes in einem geschlossenen Behälter durch, damit keine Luft hinzutreten kann, weil er die Wirkung auf Sauerstoffmangel im Innern der Körner zurückführt. Dadurch soll die Bildung anomaler Stoffwechselprodukte infolge intramolekularer Atmungsvorgänge eingeleitet werden. Auch Bonne (4) ist bestrebt, bei seinem Verfahren die starke Wasseraufnahme zu reduzieren. Er benutzte einen Versuchsvorbereiter der Miag, um mit geringen Flüssigkeitsmengen bei gleichzeitiger Erhitzung eine Bekämpfung des Flugbrandes zu erzielen. Winkelmann (93) entwickelte ein Verfahren, bei dem er eine Versuchsapparatur von Appel - Riehm (2) benutzte. An der Apparatur wurde anstelle einer vorhandenen Heizschlange, durch die man Luft ansaugt und erhitzt, eine Verbindung zu einem Rundkolben angebracht, in dem Wasserdampf entwickelt wurde. Bei 3-stündiger Behandlung des Getreides mit warmem Nebel von 50—53° C konnte eine vollständige Bekämpfung des Weizen- und Gerstenflugbrandes erreicht werden. Bei Alkoholzusatz reichte 2-stündige Behandlung aus. Die Wasseraufnahme lag bei höchstens 12,09 % gegenüber 21—26 % beim Warmwasserbad. Es sei noch erwähnt, daß ein Apparat zum Beizen von Getreide mit Wasserdampf bereits von Schule (72) konstruiert, jedoch nie verwendet wurde.

Kombination von physikalischen und chemischen Beizverfahren

Die Streifenkrankheit der Gerste zwang Saatzuchtbetriebe, Heiß- bzw. Warmwasserbeize mit chemischer Beizung zu kombinieren, da durch diese Kombination möglich wurde, Flugbrand und Streifenkrankheit bei Gerste in einem Arbeitsgang zu bekämpfen. Vereinigung beider Verfahren führte nach Weck (88) zunächst zu Keimschädigungen. Der Feldauflauf wurde um 3 Tage verzögert und erreichte nur 80 %. 1933 gab man daher besonderes Vorquellen des Saatgutes auf und ging zum 2-stündigen Dauerbad bei 45° C über. Das Verfahren ließ sich gleichförmig konti-

nuierlich gestalten. Die Behandlung erfolgte in einem länglich rechteckigen Zementbassin, das für 2 Reihen je neun Säcke in stehender Anordnung Platz bietet. Alle 6⅔ Minuten kommt ein Sack in das Bassin hinein, es ist also nach einer Stunde gefüllt. Nach zwei Stunden wird der erste Sack herausgenommen, dafür ein neuer eingesetzt usw. Das Einsetzen und Ausheben der Säcke erfolgt durch einen kleinen Schwenkarm mit Stahlseil und Handkurbel. Die Säcke werden zur Erreichung raschen Durchdringens der Flüssigkeit einige Male angehoben und wieder heruntergelassen. Im Bassin liegen Heizrohre für Dampfzufuhr. Schwimmthermometer lassen eine genaue Temperaturkontrolle zu. Jeder herausgenommene Sack kann hängend abtropfen und dann zur Abkühlung in ein zweites kaltes Bassin eingetaucht werden. Danach erfolgt vorsichtige Kühltrocknung und schließlich nach Lagerung während der Nacht Trocknung bis etwa 16—17 % Wassergehalt. Nach mehrmaligem Umsetzen und mehrtägiger Lagerung des Getreides ist das Saatgut versandfertig. Die Wirkung des Verfahrens war relativ gut, die Erhaltung der Keimkraft befriedigte jedoch auch noch nicht. Die Schwierigkeiten lagen in der Trocknung (28). Je weiter man von der für das Korn kritischen Temperatur (etwa 52° C) bei Durchführung der Trocknung entfernt bleiben kann, um so geringer ist die Gefahr der Keimschädigung. Für große Beizleistungen von 50 dz und mehr täglich müssen deshalb schon recht erhebliche Trocknerleistungen zur Verfügung stehen. Nach dem Aufkommen quecksilberhaltiger Beizmittel wurden in Dänemark von Poulsen (52) Versuche mit Zusatz solcher Präparate zum Warmwasserbad durchgeführt. Dabei hob die stimulierende Wirkung dieser Präparate die eintretende Keim- und Auflaufschädigung durch Wasserbehandlung auf. Auch nach neueren Untersuchungen von Linskens (37, 38, 39) hat der Zusatz quecksilberhaltiger Beizmittel zum Beizbad in bestimmter Konzentration, die bei Gerste etwa 3mal so hoch liegt wie bei Weizen, eine Verminderung der Keimschäden zur Folge. In Saatzuchtbetrieben nutzt man diese Versuchsergebnisse. Bei Übertragung in die Praxis der Großbeizung ergab sich zunächst ein neuer Unsicherheitsfaktor. Bei kontinuierlicher Beizung wird die Beizlösungskonzentration schwächer (18, 23, 33), so daß die Ergänzungslösung doppelt so stark sein muß. Die Erneuerung des gesamten Beizbades wird nach Passage von 100 dz vorgenommen.

1. Appel, O., & G. Gassner: Ein neuer Apparat zur einfachen Durchführung der Heißwasserbehandlung des Saatgutes. Mitt. aus der Biol. Reichsanst., *3*, 1907. — 2. Appel, O., & E. Riehm: Die Bekämpfung des Flugbrandes von Weizen und Gerste, Arb. Kais. Biol. Anst. f. Land- und Forstw., *8*, 1911, 343. — 3. Ausborn: Ein neuer praktischer Beizapparat. Dtsch. Landw. Presse, *50*, 1923, 388.

4. Bonne, C.: Beitrag zur Flugbrandbekämpfung des Weizens. Unters. zur Heißwasser-Kurzbeize. Angew. Bot., *23*, 1941, 304. — 5. Bonne, C.: Ergebnisse mit dem Kurznaßbeizverfahren in der Praxis. Fortschr. Landw., *7*, 1932, 161.

6. Christensen, A., S. Fries & E. Gram: Bejdsemaskinen „Danoplan". Statens Redskabsprover, *43*, 1927, 64—69.

7. Dix, W.: Die Beizung des Saatgetreides. Illustr. Landw. Ztg., *40*, 1920, 82; ders., Beizapparate. Ebd. 1922, 84. — 8. Dounine, M. S., & A. M. Simsky: Haftfähigkeit der Trockenbeizmittel. Angew. Bot., *14*, 1932, 33—78.

9. Elkar, H.: Die Anwendung des Appelschen Heißwasserbeizapparates auf Grund vierjähriger Erfahrung. Pflanzenbau, *1*, 1924/25, 258.

10. Frickhinger, H. W.: Die Beizung als unerläßliche Maßnahme des landwirtschaftlichen Pflanzenschutzes. München, 1948, 80 S. — 11. Friedrichs, G.: Der Trockenbeizer für Dauerbetrieb: „Groß-Tillator-Höchst". Dtsch. Landw. Presse, *56*, 1929, 743. — 12. Friedrichs, G.: Die Trockenbeizung des Getreides mittels Dauermaschinen. Fortschr. d. Landw.

3, 1928, 58—68. — **13.** Friedrichs, G.: Trockenbeizmaschinen. Landw. Ztg. Westf. Lippe, *84*, 1927, 794—797. — **14.** Fries, S., & E. Gram: Tøbejdseapparatet „Bursø". Statens Redskabsprøver, *50*, 1928, 16—21. — **15.** Fulton & Coblentz: The fungicidal action of ultraviolett radiation. J. Agric. Res., *38*, 1929, 159.

16. Gassner, G.: Beizung und Entseuchung von Saat- und Pflanzgut. Sorauer Handbuch der Pflanzenkrankh. Bd. VI/1, 1952, 334—373. — **17.** Gassner, G.: Benetzungsbeize mit geringen Flüssigkeitsmengen. Angew. Botanik, *9*, 1927, 1. — **18.** Gassner, G.: Die Verwendung von Quecksilberbeizmitteln in der wiederholten Tauchbeize (Kettenbeize). Z. f. Pflanzenkrankh., *35*, 1925, 1. — **19.** Gassner, G.: Neuere Versuche zur Bekämpfung des Gerstenflugbrandes. Nachrichtenbl. d. Dtsch. Pflanzenschutzd., *2*, 1950, 65. — **20.** Gassner, G.: Neue Wege zur Bekämpfung des Weizenflugbrandes. Phytopatholog. Z., *5*, 1933, 407. — **21.** Gram: Afsvampningsundersøgelser. Beredn. Tisskr. Planteavl., *37*, 1931, 659.

22. Haskell, R. J., R. W. Leukel & E. G. Boerner: Stinking smut (bunt) in wheat and how to prevent it. (Tilletia). US. Dept. Agric. Circ., *182*, 1931. — **23.** Hilgendorff: Über die Verwendung einiger Quecksilberbeizmittel in der wiederholten Tauchbeize. Z. f. Angew. Chemie, *39*, 1926, 377. — **24.** Hiltner: Über die Beizwirkung von Trockenbeizmitteln während der Lagerung gebeizten Getreides. Angew. Botanik, *12*, 1930, S. 352. — **25.** Hoffmann, A., & H. L. Belton: Machines for coating seed wheat with coppercarbonate dust. California Agric. Exp. Stat. Bull., *391*, 1925. — **26.** Höstermann: Brandbekämpfungsversuche. Landw. Jahrb., *45*, Erg.-Bd. I, 1913, 107. — **27.** Hough, W. S., & A. F. Mason: Spraying, dusting and fumigating of plants. New York 1951, 726. — **28.** Hurd: Injury to seed wheat resulting from drying after disinfection with formaldehyd. Journ. Agric. Res., *20*, 1920, 209. — **29.** Husfeld, B., & E. Tamm: Heißwasserbeize. Deutsches Reichspatent Nr. 4 123 870. Ausgegeben am 13. 10. 1925, und Tamm, E., & B. Husfeld: Die elektrische Heißwasserbeize, eine neue Möglichkeit zur Bekämpfung der Blüteninfektion. Technik i. d. Landw. Bd. VI, 1925, 47.

30. Jensen, J. L.: The propagation and prevention of smut in oats and barley. Journ. Royal Agric. Soc. of England, *24*, 1888, 397.

31. Köhler: Effect of time and rate of application etc. Phytopathology, *21*, 1931, 127. — **32.** Korotkich, G. I.: Maschinen für Trockenbeizung des Saatgutes. Bull. of Plant Protection, *2*, 115—117 (russ. mit deutscher Zusammenfassung). — **33.** Krauss: Nachdosierung von quecksilberhaltigen Beizmitteln für Getreide. Z. f. Angew. Chemie, *38*, 1925, 1088. — **34.** Krauss, J.: Zur Prüfung der Leistung von Trockenbeizgeräten. Nachrbl. Dtsch. Pflschutzd., *11*, 1931, 34—35. — **35.** Kühn: Die Krankheiten der Kulturgewächse. Berlin 1859, 88.

36. Lang: Die Bedeutung der Temperatur beim Beizen. Nachrbl. Dtsch. Pflschd., *5*, 1925, 29. — **37.** Linskens, H. F.: Untersuchungen über den Einfluß eines Beizmittelzusatzes zu Warmwasserbädern. Z. f. Pflanzenkr., *57*, 1950, 177. — **38.** Linskens, H. F.: Untersuchungen über die Änderung des physiologischen Verhaltens von Weizen- und Gerstensamen nach Heißwasserbädern. Züchter, *20*, 1950, 168. — **39.** Linskens, H. F.: Neue Untersuchungen über das Heißwasser-Bad zur Flugbrandbekämpfung. Höfchen-Briefe, *3*, 1950, 3—15.

40. Mackie, W. W., & F. N. Briggs: Fungicidal dusts for the controll of bunts. California Agric. Exp. Stat. Bull., *364*, 1923, 531—572. — **41.** Maier-Bode, F. W.: Saatgut-Aufarbeitung. 1947, 127 S. — **42.** Martiny, B., & E. Riehm: Kurznaßbeizapparat Germator. Mitt. d. Dtsch. Landw. Ges., *47*, 1932, 228. — **43.** Martiny, B., & A. Winkelmann: Hauptprüfung von Kurznaß- und Trockenbeizgeräten. Mitt. f. d. Landw., *50*, 1935, 171—174. — **44.** Martiny, B.: Technische Auswertung der Reichsnährstands-Hauptprüfung von Trocken- und Kurznaßbeizgeräten. Schriftenreihe d. Max Eyth-Ges. 1935, Heft 4, 15 S. — **45.** Melchers, L. E., & H. B. Walker: The copper carbonate method of controlling bunt of wheat. Kansas Agric. Exp. Stat. Circ., *107*, 1924. — **46.** Miag: Beizmaschinen zum feuchten Beizen. DRP 531 382 vom 8. 8. 1931.

47. Nagel, W.: Das Schnellbeizverfahren. Angew. Botanik, *9*, 1927, 420—451 (448). — **48.** Nagel, W.: Über die Einwirkung höherer Temperatur usw. Angew. Botanik, *7*, 1925, 304.

49. Oberstein, O.: Eine neue Beizanlage für Saatgetreide. Dtsch. Landw. Presse, *48*, 1921, 19.

50. Pichler & Wöber: Verfahren zum Beizen von Früchten, Saatgut und Samen. DRP Nr. 398 555, ausgegeben 7. 7. 1924. — **51.** Pichler & Wöber, Bestrahlungsversuche mit ultraviolettem Licht, Röntgenstrahlen und Radium usw. Zentralbl. f. Bakt. II. Abt., *57*, 1922, 319. — **52.** Poulsen, A., Warmwasserbehandlung von Gerste. Nachr. über Schädlingsbekämpfung, *9*, 1934, 141. — **53.** Puchner, H., & W. E. Fischer: Beizapparat „Puk" der

Maschinenfabrik P. Lübke, Breslau. Technik in der Landw., *9*, 1928, 10—11. — **54.** Puchner, H., & W. E. Fischer: Prüfung eines Trockenbeizapparates „Lothrä" der Firma Fritz Thränhardt, Leipzig, Technik in der Landw., *8*, 1927, 38—39.

55. Rabinowitz-Sereni: Il grado di resistenza di alcuni funghi all'azione dei raggi ultravioletti. Boll. Staz. Pat. Veget., *12*, 1932, 115. — **56.** Riehm, E.: Prüfung von Trockenbeizvorrichtungen. Nachrichtenbl. f. d. Dtsch. Pflanzenschutzd., *6*, 1926, 17—18. — **57.** Riehm, E.: Trockenbeizer „Saathilfe" und Trockenbeizer „Lothrä I". Mitt. d. Dtsch. Landw. Ges., *43*, 1928, 1155—1156. — **58.** Riehm, E.: Trockenbeizvorrichtungen. Mitt. d. Dtsch. Landw. Ges., *41*, 1926, 188—191. — **59.** Riehm, E.: Ein empfehlenswerter Beizapparat. Illustr. Landw. Ztg., *41*, 1921, 4. — **60.** Riehm, E.: Trockenbeize. Pflanzenbau, *1*, 1924, 91. — **61.** Riehm, E.: Die Krankheiten der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen. 3. Aufl., 1927, 58. — **62.** Riehm, E.: Beizvorrichtungen und Beizmaschinen. Betriebsmerkblatt des A.T.L., 1927. — **63.** Riehm, E.: Die Krankheiten der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen. 3. Aufl., 1927, 58. — **64.** Riehm, E.: Lübkes Trockenbeizer „Puk". Dtsch. Landw. Presse, *54*, 1927, 40. — **65.** Riehm, E.: Trockenbeizer „Saathilfe" und Trockenbeizer „Lothrä I". Mitt. d. Dtsch. Landw. Ges., *43*, 1928, 1155—1156. — **66.** Riehm, E.: Das Kurznaßbeizverfahren. Dtsch. Landw. Presse, *56*, 1929, 485. — **67.** Riehm, E.: Naßbeizgeräte. Sorauers Handbuch der Pflanzenkrankh. Bd. VI/1, 1941, 121—132.

68. Schaumburg, A.: Beiträge zur Frage der Bekämpfung des Weizenflugbrandes mit besonderer Berücksichtigung der Anforderungen des Saatzuchtbetriebes. (Aus dem Bot. Inst. der Techn. Hochschule Braunschweig.) Diss. Jena, 1924. — **69.** Schirmer: Wie lange kann kurznaßgebeiztes Saatgut gelagert werden? Wochenbl. landw. Verein Bayern, *123*, 1933, 39. — **70.** Schmidt, Fr.: Transportable Beizvorrichtung zur Ausübung des Tauchverfahrens. D.R.P. 415 140 vom 15. 6. 1925. — **71.** Schöller, A.: Ein einfacher und sicherer Trockenbeizapparat. Dtsch. Landw. Presse, *55*, 1928, 208. — **72.** Schule, F. H.: Verfahren zum Beizen von Saatgut mittels Wasserdampfes. D.R.P. 557 853 vom 29. 8. 1932. — **73.** Spiekermann, A.: Beiträge zur Saatgutbeize. Illustr. Landw. Ztg., *34*, 665—666, 1914. — **74.** Stranak, Fr.: Das Beizen des Getreidesaatgutes gegen den Getreidebrand mittels des „Universum"-Apparates. Ochrana roskin. Prag, *2*, 1922, 54. — **74 b.** Stranak, Fr.: Maschinelle Saatgutbeize. Sonderdruck aus Nr. 14 der Land- und forstwirtschaftlichen Mitteilungen vom 5. 8. 1924. — **75.** Supper, R.: Über die Wirkung von Trockenbeizen. Z. f. Pflanzenkrankh., 1932, Heft 7/8.

76. Tamm, E., & B. Husfeld: Die elektrische Heißwasserbeize, eine neue Möglichkeit zur Bekämpfung der Blüteninfektionen. Pflanzenbau I, 1924, 273. — **77.** Tapke, V. F.: Single-bath hot-water and steam treatments of seed wheat for the control of loose smut. US-Dept. Agric. Bull., *1383*, 1926. — **78.** Tessier: Traité des maladies des graines. Paris, 1783. — **79.** Tisdale, W. H., & V. F. Tapke: Smuts of wheat and rye and their control. US-Dept. of Agric. Farmers Bull., *1540*, 1927. — **80.** Trappmann, W.: Schädlingsbekämpfung, Grundlagen und Methoden im Pflanzenschutz. Leipzig 1927, 440. — **81.** Tubeuf, v.: Weitere Beispiele zur Kenntnis der Brandkrankheiten des Getreides usw. Arb. Biol. Reichsanst., *2*, 1902, 437.

82. Verhoeven, W. B. L.: Aantasting van suikerbieten en mangelwortels door *Phoma betae* Frank. Versl. en Meded. Plantenziektenkd. Dienst, Wageningen, Nr. *47*, 1927. — **83.** Visser, M. F.: Warmwater-Trommel ontsmetter tegen Stuifbrand. Tijdschrift over Plantenziekten, *42*, 1936, 275. — **84.** Volk: Trockenbeizwirkung in Abhängigkeit von Bodenreaktion und Bodenart. Landw. Jahrb., *70*, 1929, 583. — **85.** Vormfelde: Technik der Saatgutbeizung. Z. „Der Landmaschinenhändler", Pössneck, Heft *39* vom 28. Sept. 1940. — **86.** Vormfelde: Das Reinigen der Körner nach Schwere, Größe und Form, sowie das Beizen. Ebd. Heft *11* vom 15. März 1941.

87. Wansart, O.: Beiträge zur Kenntnis der Wirkungsweise und des arbeitstechnischen Wirkungsgrades von Saatgut-Trockenbeizmaschinen. Schrift des Reichskuratoriums f. Technik i. d. Landwirtschaft, Heft *15*, 1930. — **88.** Weck, R.: Flugbrandbekämpfung bei Wintergerste in Eckendorf. Nachr. über Schädlingsbekämpfung, *13*, 1938, 93. — **89.** Winkelmann, A.: Neue Untersuchungen über Beizgeräte. Technik i. d. Landw., *16*, 1935, 4—8. — **90.** Winkelmann, A.: Fortlaufend arbeitender Kurznaßbeizapparat Primator. Mitteilungen f. d. Landw., *51*, 1936, 345, und die Technik i. d. Landwirtschaft, *17*, 1936, 19. — **91 a.** Winkelmann, A.: Fortlaufend arbeitender Kurznaßbeizapparat Meys. Mitteilungen f. d. Landw., *18*, 1937, 2. — **91 b.** Winkelmann, A.: Fortlaufend arbeitender Kurznaßbeizapparat Bauart Stümpfig der Firma Gebr. Röber. Mitteilungen f. d. Landw., *51*, 1936, 1114, und die Technik i. d. Landwirtschaft, *17*, 1936, 79. — **92.** Winkelmann, A.: Beizgeräte, Flugblatt B 7, BZA Braunschweig, 1950, 4 S. — **93.** Winkelmann, A.: Untersuchung zur Bekämpfung des Gersten- und Weizenflugbrandes. Angew. Bot. Bd. XXIX, 1955, 3—13. — **94.** Winkelmann, A.: Das Kurznaßbeizverfahren. Ill. Landw. Ztg., *49*, 1929, 388. — **95.** Winkelmann, A.: Vom Kupfervitriol zur Lohnbeizung. Nachrbl. Dtsch. Pflschtzd. (Braunschweig), *7*, 1955, 80—82.

96. Die Prüfung der „Abavit-Beiztrommel". Nachrbl. Dtsch. Pflschtzd., *10*, 1930, 97. — 97. Die Prüfung des Beizapparates „Klein-Tillator". Nachrbl. Dtsch. Pflschtzd., *10*, 1930, 32. — 98. Prüfung des kontinuierlich arbeitenden Trockenbeizapparates der Maschinenfabrik A. Fock, Stargard i. Pomm. Nachrbl. Dtsch. Pflschtzd., *8*, 1928, 27. — 99. Prüfung des kontinuierlichen Trockenbeizapparates „Separat" der Firma Gebr. Röber G.m.b.H., Wutha (Thür.). Nachrbl. Dtsch. Pflschtzd., *11*, 1931, 103. — 100. Die Prüfung des fortlaufend arbeitenden Trockenbeizgerätes „Groß-Tillator", I.G.-Farbenindustrie A.-G. Nachrbl. Dtsch. Pflschtzd., *10*, 1930, 23.

C. Spritzen, Sprühen, Nebeln und Stäuben

Die am meisten angewandten Verfahren für die Ausbringung chemischer Mittel zur Bekämpfung von Pflanzenkrankheiten und -schädlingen sind das Spritzen, Sprühen, Nebeln und Stäuben. Die Mannigfaltigkeit und Vielzahl der auf dem Markt und im Einsatz befindlichen Geräte und Gerätetypen zeigt die große Bedeutung dieser Applikationsmethoden (Deutschl.: 138, 140, 141, 142, 144, 147, 148, 149, 150, 152, 155, 156, 172, 183, 185, 186, 189, 195, 274, 276, 277, 278, 282, 283, 284, 301, 303, 304, 305, 306, 307, 313, 315, 338, 370, 394, 395, 409, 470, 477, 479, 482, 483, 484, 485, 496, 546, 568; USA: 95, 226, 314, 373, 509, 549, 587; Engl.: 217, 443, 445; Österr.: 471; Schweiz: 257, 325, 625). Der Behandlung dieser Anwendungsverfahren muß daher im Rahmen des Abschnittes „Die technischen Mittel des Pflanzenschutzes" der breiteste Raum zugemessen werden. Um die Übersichtlichkeit des umfangreichen Kapitels zu erleichtern und Wiederholungen möglichst zu vermeiden, wurde der Stoff in die beiden Unterkapitel:

1. Technologie
2. Einsatz und Bewährung

gegliedert. Die Literatur ist gemeinsam für beide Teilkapitel am Schluß zusammengestellt.

1. Technologie

Beim Spritzen, Sprühen und Nebeln bringt man zur Verhütung und Bekämpfung von Pflanzenkrankheiten und -schädlingen mit geeigneten Geräten in Wasser oder in einer anderen Flüssigkeit suspendierte, emulgierte oder gelöste Pflanzenschutzmittel in flüssiger Form aus. Beim Stäuben werden trockene, staubförmige Aufbereitungen ohne Flüssigkeitszusatz verwendet. Um die Haftfähigkeit des Stäubemittels zu begünstigen, kann auch naßgestäubt werden. Die verwendeten Präparate sollen gerätetechnisch so verteilt werden, daß optimale Wirkung erzielt wird.

Spritzen, Sprühen und Nebeln als Produkte verschiedenartiger Herstellungsverfahren unterscheiden sich durch die Größe der von den Geräten erzeugten Flüssigkeitströpfchen. Die Masse der Flüssigkeitströpfchen soll nach der in Deutschland gültigen Definition liegen:

beim Spritzen über 150 μ,
beim Sprühen unter 150 μ,
beim Nebeln unter 50 μ.

Zweckmäßig ist noch eine Unterteilung des Nebelbereiches

in Grobnebel = Tropfen unter 50 μ,
in Feinnebel = Tropfen unter 10 μ,
in Aerosol = Tropfen unter 1 μ.

Die μ-Werte werden hierbei aus der abgeplatteten Aufsetzform und aus der dann infolge Einsinkens oder Zerfalls auf die Aufsetzfläche projizierten Gestalt der Tröpfchen bestimmt, da diese dem wirksamen Belag der gespritzten, gesprühten oder genebelten Flüssigkeit auf den Pflanzen oder auf den Raumflächen entspricht und außerdem am leichtesten zu messen ist. Die tatsächlichen Tröpfchendurchmesser sind kleiner, insbesondere die der großen Flächenprojektionen. Das Verhältnis der Durchmesser „Aufsetzfläche : Kugel" nähert sich mit abnehmender Tröpfchengröße immer mehr dem Wert 1.

Die Korngrößen der im Pflanzen- und Vorratsschutz gebräuchlichen Stäube liegen unter 60 μ, vielfach sogar unter 1 μ.

Flüssigkeitstropfen und Staubteilchen verschiedener Größe zeigen ein unterschiedliches physikalisches Verhalten (Deutschl.: 109, 327, 404, 407, 408, 589; USA: 70, 503, 591; Engl.: 567). Sie haben daher eine ungleiche biologische Wirkung, die außerdem noch durch die Applikationsart beeinflußt wird; denn es ist von wesentlicher Bedeutung, ob die Verteilung (300) nur durch Flüssigkeitsdruck oder durch Flüssigkeitsdruck und zusätzliche Anwendung kleiner bis größter Luftmengen geschieht.

Verfahren und Geräte müssen den jeweiligen Erfordernissen entsprechend ausgewählt werden (siehe Kapitel 2: „Einsatz und Bewährung").

Gegebenenfalls wird man in Zukunft, um zu eindeutigeren und klareren Begriffen zu kommen, sich daran gewöhnen müssen, zwar nicht die Definitionen des Produktes (Tröpfchen) zu ändern, aber die Verfahren und die technischen Mittel nicht mehr Spritzen, Sprühen oder Nebeln und Spritz-, Sprüh- oder Nebelgeräte zu nennen — wie es auch in den folgenden Abschnitten noch geschieht —, sondern vielleicht zweckmäßiger von reinen hydraulischen sowie von kombinierten hydraulisch-pneumatischen, vielleicht auch noch von mechanischen Zerstäubungsverfahren und den entsprechenden Geräten zu sprechen.

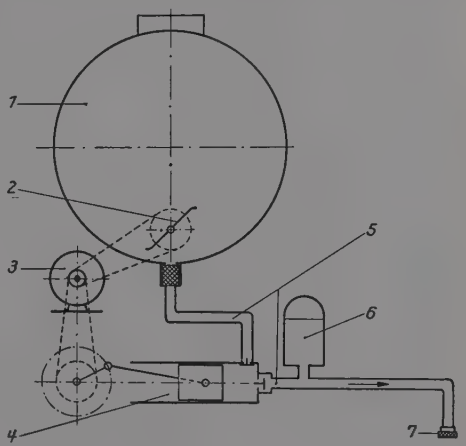


Abb. 147: Skizze zur Darstellung des Spritzprinzips. (1) Behälter, (2) Rührwerk, (3) Antrieb, (4) Pumpe, (5) Saug- und Druckleitung, (6) Windkessel, (7) Düse (Biol. Bundesanstalt, Braunschweig)

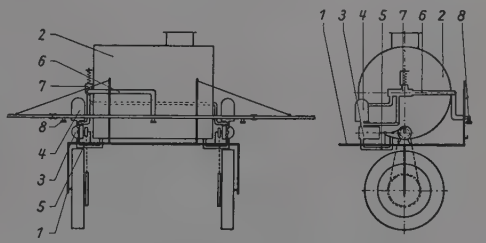


Abb. 148: Skizze einer radangetriebenen Gespannfeldspritze. (1) Fahrgestell, (2) Behälter, (3) Pumpe, (4) Windkessel, zum Druckausgleich, (6) Druckleitung, (7) Sicherheits- und Regelventil, (8) Spritzorgan (Biol. Bundesanstalt, Braunschweig)

a) Spritzverfahren

Eines der ältesten und bei fast allen Bekämpfungsmaßnahmen anwendbares Verfahren ist das Spritzen (Deutschl.: 87, 130, 298, 306, 623; Engl.: 54, 55, 56; Schweiz: 246, 260, 392; Italien: 448). Ein Spritzstrahl (Abb. 147) wird dadurch erzeugt, daß mit Hilfe einer Pumpe (4) die zu verspritzende gut durchgemischte (2) Flüssigkeit aus einem Vorratsbehälter (1) angesaugt und in eine Spritzleitung (5) gedrückt wird oder mit einem auf den Flüssigkeitsspiegel im Vorratsbehälter aufgebrachten Gasdruck (meist Druckluft) in die Spritzleitung gepreßt und dann aus einer oder aus mehreren Spritzdüsen (7) unter Druck ausgespritzt wird.

α) Bauelemente der Spritzgeräte

Als Beispiel für die praktische Anordnung der einzelnen Spritzelemente dient die Skizze einer radangetriebenen Gespannfeldspritze (Abb. 148). Auf dem Fahrgestell (1) ist der Spritzmittelbehälter (2) und seitlich vom Behälter je eine Pumpe (3) mit Windkessel (4) (zur Gewährleistung eines gleichmäßigen Druckes) befestigt. Die Pumpen werden vom Fahrrad des Gerätes aus betätigt. Die Saugleitung (5) führt vom Behälter zur Pumpe und die Druckleitung (6) von der Pumpe über ein Regelventil (7) zum Spritzorgan, in diesem Falle zu einem Düsenrohr mit mehreren Düsen (8).

Das Prinzip im Aufbau jedes Spritzgerätes mit Ausnahme der Gasdruckspritzen (selbsttätige Spritzen mit eingeschraubter Luftpumpe, Hochdruckspritzen, Batteriespritzen, Kohlensäurespritzen) ist stets das gleiche, gleichgültig, ob die Pumpen von den Rädern aus betätigt (radangetriebene Gespannspritze) oder mit Motor angetrieben werden (Motorgespannspritze bzw. An- oder Aufbauspritze mit Motor- oder Zapfwellenantrieb), ob das Fahrgestell ersetzt wird durch einen Karren (Karrenspritze), durch ein Traggestell (hand- und rückentragbare Spritzen), durch ein Fußbrett (Brettspritze) oder ganz fortfällt (Handspritze). Bei den letzten beiden Typen gehört auch der Brühebehälter nicht mehr unmittelbar zum Aggregat. Das Spritzmittel kann aus jedem für diese Zwecke geeigneten Behälter entnommen werden.

Beim Schlauchspritzen mit Verteilungsgerüst im Weinbau oder bei Verwendung von Luftfahrzeugen zur Schädlingsbekämpfung benötigt man ebenso Vorratsbehälter, Pumpe, Saug- und Druckleitung und Spritzorgan.

Die Fahr- oder Traggestelle müssen in erster Linie die Forderung nach Festigkeit erfüllen. Außerdem müssen sie steif sein, doch ist ausschließliche und große Steifigkeit nicht immer erwünscht. Wenn ein Maschinenteil Hindernissen ausweichen soll (z. B. Düsentraggestell bei Feldspritzen), muß es elastisch sein. Je nachdem, ob Festigkeit und Steifigkeit gegen Biegung oder Drehung verlangt werden, kommt man zu verschiedenen Lösungen.

Bei den Fahr- oder Traggestellen wird im allgemeinen die Leichtbauweise bevorzugt und mit entsprechenden Profileisen- oder Rohrkonstruktionen erreicht.

Die Fahrgestelle bei Pflanzenschutzgeräten haben fast ausnahmslos nur eine Achse mit ein oder zwei Rädern. Neben der Beschaffenheit des Bodens und des Geländes, neben Belastung, Geschwindigkeit und Federung hängt der Zugkraftbedarf (146) von der Radart und den Raddimensionen ab. Gummibereifte Räder vermindern u. U. die Zugkraft um 50 % und mehr. Die Breite der Räder hat nur in geringerem

Umfang einen günstigen Einfluß auf die Zugkraft. Mit steigendem Raddurchmesser verkleinert sich die Zugkraft aber nur solange, wie nicht das höhere Gewicht mehr und mehr den Rollwiderstand vergrößert und schließlich die Vorteile des größeren Rades kompensiert.

Besondere Gesichtspunkte kommen bei Triebrädern hinzu, d. h. bei solchen Rädern, die nicht nur zur Fortbewegung, sondern auch noch zur Abgabe eines Drehmomentes für den Betrieb der Maschine dienen. Der Wirkungsgrad dieser Räder, d. h. das Verhältnis der in der Zugkraft zugeführten Leistung zu der im Drehmoment abgegebenen Leistung hat einen ausgesprochenen Höchstwert. Bei kleinen abgenommenen Drehmomenten macht sich die Verlustleistung im Schlupf der Räder ungünstig bemerkbar. Zwischen diesen Gebieten liegt der Bereich, in dem die Nutzleistung gegenüber den Verlusten verhältnismäßig günstig ist. Man wird die Räder also so auswählen, daß das normale Betriebsgebiet in diesen Bereich des günstigsten Wirkungsgrades fällt. Bei den Fahr- oder Traggestellen gehört ein wirksamer Rostschutz zu den Voraussetzungen für ein gutes Gerät.

Beim Flüssigkeitsbehälter ist in erster Linie das Material wichtig (145, 158, 159, 308). Da viele Präparate der Pflanzenschutzmittel aggressive Eigenschaften haben, müssen die Baustoffe weitgehend korrosionsbeständig sein. Messing wird am besten fast allen Ansprüchen gerecht. Es ist widerstandsfähig gegen Luft, Feuchtigkeit, Heißwasser und viele Säuren. Es ist gut verformbar bei gleichzeitiger Zähigkeit. Bei den Kupfer-Zink-Legierungen lassen sich durch geeignete Wahl der Legierungsbestandteile und durch eventuelle Zusätze anderer Metalle (Zinn und Aluminium erhöhen z. B. die Korrosionsbeständigkeit) sowie durch geeignete Wärmebehandlung die jeweils zweckmäßigsten Eigenschaften sehr günstig herstellen. Außerdem ist die Änderung der mechanischen Werte von Messing bei tiefen Temperaturen reversibler Natur; bei Wiedererwärmung auf Raumtemperatur ist der alte Materialzustand wiederhergestellt. Bei Messing besteht also nicht eine so ausgesprochene Tieftemperaturversprödung, wie sie bei Zink und Stahl bekannt ist.

In vielen Ausführungen sind auch Stahlbehälter einer korrosionsbeständigen Legierung — vielfach noch mit innerem Schutzüberzug — ohne Beanstandungen in Gebrauch. Korrosionsverhütung durch Schutzanstriche ist in jedem Falle anzustreben.

Auch Holzbehälter sind gut verwendbar (158). Dabei besteht allerdings die Gefahr, daß bei ungenügender Reinigung Wirkstoffe eines Spritzmittels in das Holz einziehen und bei Verwendung eines anderen Spritzmittels an dieses abgegeben werden können.

Bisher hat sich keine Leichtmetallegierung als hinreichend korrosionsfest erwiesen. Eine einwandfreie Eloxierung kann weitgehend schützen, aber die Gefahr der Rißbildung bei Formänderungen der Behälterwände ist ebenso groß wie z. B. bei einer Emaillierung.

Die Größe eines Behälters wird einmal bestimmt durch die benötigte Leistung, zum anderen durch die zulässige Zug- oder Tragkraft. Die Form und Anbringung ist abhängig vom Platzbedarf und von der erforderlichen Schwerpunktslage. Eine möglichst tiefe Schwerpunktslage des Behälters ist günstig.

Der Brühebehälter muß eine große und bequem erreichbare Einfüllöffnung mit einem möglichst tief herabgezogenen Einsatzsieb mit großer Oberfläche haben, um

eine hohe Einfüllgeschwindigkeit zu gewährleisten und die Gefahr des Überlaufens beim Füllen zu beseitigen. An der tiefsten Stelle des Behälters ist ein leicht zugänglicher und sicher schließender Ablaßstutzen und bei Druckbehältern außerdem ein Sicherheitsventil erforderlich.

Das Sicherheitsventil (135, 145) wird in diesen Fällen teils als Zerreißventil, teils als Federventil ausgeführt. Beim Zerreißventil versperrt ein dünner Metallring mit darunter liegendem Bolzen oder ein dünnes Metallplättchen die Ventilöffnung. Beim Überschreiten des zulässigen Druckes zerreißt der Bolzen, der im Druckraum des Ventiles liegt, den Ring oder Druck sprengt unmittelbar das Plättchen und die Ventilöffnung wird freigegeben. Abb. 149 zeigt ein Zerreißventil (Schußventil). Bei beginnendem Überdruck wird der Druckbolzen B durch den Druckring A geschlossen. Die Druckluft entweicht dann durch die an der Verschlußkappe C vorgesehenen Löcher. Nach Abschrauben der Kappe vom Ventilkörper D wird der Druckbolzen herausgenommen und nach Auflegen eines neuen Druckringes wieder in seine ursprüngliche Lage gebracht.

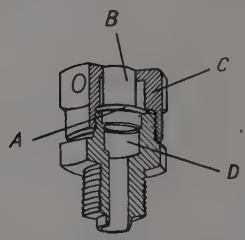


Abb. 149: Zerreißventil als Sicherheitsventil bei Hochdruckspritzen (nach Gallwitz)

Beim Federventil wird eine Kugel durch eine starke Spiralfeder auf ihrem Sitz gehalten und versperrt dadurch den Ventilquerschnitt. Nimmt der Druck über den eingestellten Federdruck zu, so wird die Kugel angehoben (gegen einen Bolzen, auf dem ein Federteller sitzt, der die Feder gegen den oberen Abschlußdeckel zusammendrückt) und gibt den Querschnitt zum Austritt der Druckluft frei.

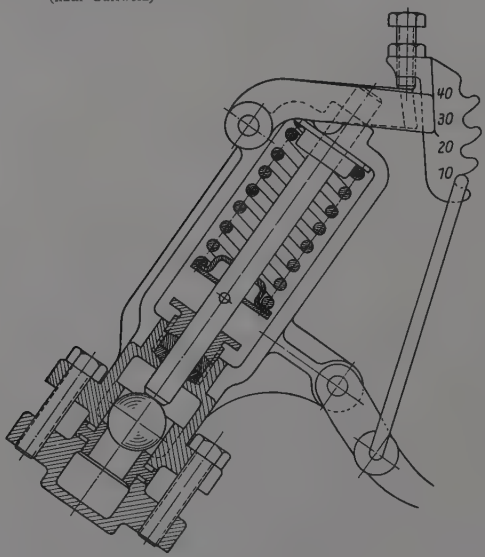


Abb. 150: Druckregelventil, in Stufen einstellbar (nach Gallwitz)

Bei den Zerreißventilen entweicht der Druck vollständig und das Ventilplättchen muß ersetzt werden. Die Federventile öffnen allmählich und sprechen nicht wie die Zerreißventile schlagartig bei einem bestimmten Druck an. Beim Wiederschließen verbleibt noch ein Restdruck, der aber nicht die Höhe des Anfangsdruckes hat, sondern etwa 50 % darunter liegt. Er reicht aber aus, um ohne Nachfüllen von Luft wenigstens noch einen Teil der Brühe — wenn auch mit vermindertem Druck — auszuspritzen.

Bei Füll- und Spritzpumpen üben Federventile neben

der Funktion eines Sicherheitsorganes noch die eines Ventiles aus, das die Einhaltung eines bestimmten Arbeitsdruckes bewirkt. Die Druckregelventile finden sich auf den mechanisch durch Gespann- oder Motorkraft angetriebenen Pumpen. Bei handbetriebenen Pumpen sind sie überflüssig, da der Bedienungsmann an dem großen Arbeitswiderstand spürt, daß er sich in einem zu hohen Druckbereich bewegt.

Abb. 150 zeigt ein Regelventil, das in vier Stufen von 10, 20, 30 und 40 atü einstellbar ist. Die Einstellung der jeweiligen Druckstufe ist an den Rasten der Federspannvorrichtung angegeben. Ein Manometer ist nur noch zu einer gelegentlichen Kontrolle nötig. Das Überdruckventil in Abb. 151 ist stufenlos einzustellen. Ein angebautes stufenlos regulierbares Ventil zeigt Abb. 152. Die in Stufen und die stufenlos arbeitenden Ventile können schnell und leicht mit einer Hebelbewegung vollkommen entlastet werden.

Bei Hochleistungspumpen sind auch komplizierte Ventilkonstruktionen in Gebrauch. So kann beispielsweise der eingestellte Pumpendruck das Regelventil über einen Kolbenschieber betätigen. Die Ventile können auch so ausgebildet sein, daß bei abgesperrter Spritzleitung die Pumpe nicht gegen den eingestellten Spritzdruck arbeiten muß, sondern daß nur ein praktisch druckfreies Umpumpen der Flüssigkeit erfolgt bis die Spritzleitung wieder geöffnet wird.

Das Prinzip einer derartigen Automatik zeigt die Abb. 153.

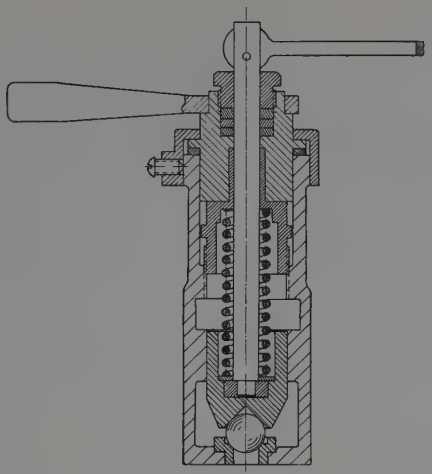


Abb. 151: Druckregelventil, stufenlos einstellbar (nach Gallwitz)

Abb. 152: Angebautes Druckregelventil mit Manometer und Spritzleitung mit Dreiwegehahn. (Werkbild: Holder)

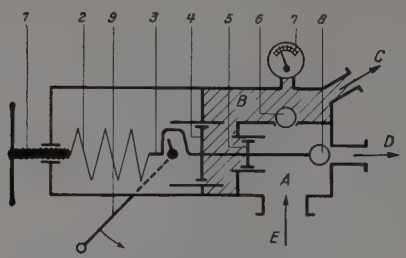


Abb. 153: Druckregler mit Überdruckautomatik. (Werkbild: Platz)

Die von der Pumpe geförderte Flüssigkeit tritt bei E in den Raum A des Druckreglers, von dort in den Raum B (über das Ventil 6) und bei C in die Spritzleitung. Manometer 7 zeigt den Druck im Raum B an (= Spritzleitungsdruck). Ist die Spritzleitung geschlossen, so daß bei C keine Flüssigkeit mehr austreten kann, dann steigt der Druck in A und B an; ebenso auch der Druck auf die Kolben 4 und 5 vom Raume B aus. Die Durchmesserdifferenz letzterer bewirkt ein Ansteigen der Kraft, die sich über das Gestänge 3 gegen die Feder 2 auswirkt bis schließlich die Federkraft überwunden und (ebenfalls über das Gestänge 3) die Ventilkugel 8 von ihrem Sitz abgehoben wird. Jetzt kann die geförderte Flüssigkeit bei D drucklos durch den vollkommen freien Querschnitt in die Überlaufleitung strömen. Durch das Absinken des Druckes im Raume A wird die Ventilkugel 6 auf ihren Sitz gepreßt, so daß in B und der Spritzleitung der Druck erhalten bleibt. Beim Wiederöffnen der Spritzleitung sinkt der Druck in B, die Kraft auf die Kolben läßt somit nach und die nun wieder überwiegende Federkraft schließt den Überlauf D ab. Der Druck in A steigt an und hebt die Kugel 6, wenn in A der Druck den im Raum B überwiegt und die Pumpe fördert nun wieder die Flüssigkeit nach C. Durch Drehen an der Schraube 1 (Handrädchen) kann die Federkraft verändert und somit der jeweilige Arbeitsdruck beim Spritzen, bei dem das Ventil ansprechen soll, eingestellt werden. Durch Drehen des Schnellentlastungshebels 9 wird die Kugel 8 gewaltsam von ihrem Sitz gehoben und alle geförderte Flüssigkeit strömt drucklos in den Überlauf.

Ventile müssen dicht schließen, müssen betriebssicher sein und dürfen keinen verspäteten Schluß haben. Es ist ein genügend großer, aber auch nicht zu großer Querschnitt erforderlich. Die Ventile müssen eine möglichst geringe Masse haben (bei den im Pflanzenschutz üblichen Ausführungen werden Kugeln verwendet). Die Dichtflächen sollen zur Herabminderung der Verschmutzungsgefahr möglichst klein sein (Krater).

Bei der häufigen Anwendung von Suspensionen oder Emulsionen, deren Phasen sich entmischen können, muß die Brühe im Flüssigkeitsbehälter so in Bewegung gehalten werden, daß die Ursprungskonzentration zu jedem Zeitpunkt des Spritzens erhalten bleibt. Ein ausreichendes Rührsystem, das bei jeder Behälterfüllung voll wirksam ist, muß also vorhanden sein.

Selten ist eine konstruktive Lösung möglich, wie sie in Abb. 154 gezeigt wird, wo die Durchmischung durch eine ständige Drehung des Brühebehälters während des Fahrens bewirkt wird. Die in der Regel festliegenden oder -stehenden Behälter benötigen mechanische, hydraulische oder pneumatische R ü h r w e r k e (145, 292, 311, 322, 323).

Bei m e c h a n i s c h e r D u r c h r ü h r u n g unterscheidet man Teller-, Blatt-, Flügel- und Propellerrührsysteme. Skizzen dieser vier Arten zeigt Abb. 155.

Bei den handbetriebenen Spritzen (hauptsächlich bei Karrenspritzen) findet man meist das Tellerrührwerk (a). Ein oder mehrere flache Teller, deren Bewegung von dem Pumpenhebel abgenommen wird, mischen den Faßinhalt durch vertikales Auf- und Abgehen durch. Bei motorisch angetriebenen Pumpen herrschen die anderen drei Rührsysteme vor. Ein Blattrührwerk (b) rührt die Brühe durch in Form und Größe unterschiedliche Blätter. Die Blätter drehen sich um eine Achse oder sie bewegen sich hin und her. Ein Flügelrührwerk (c) erzeugt eine Flüssigkeitsbewegung durch zwei oder mehrere an einer Welle angebrachte Rührflügel. Ein Propellerrührwerk (d) sorgt für die Vermischung der Brühe durch einen oder mehrere in Größe, Blattzahl und deren Neigungswinkel unterschiedlich umlaufende Propeller.

Abb. 154: Pflanzenschutzgerät, bei dem der Brühebehälter durch Einbau zwischen die Laufräder beim Fahren mit umläuft, so daß die Brühe in Bewegung gehalten und dadurch ständig durchmischt wird. (Werkbild: Mauser)

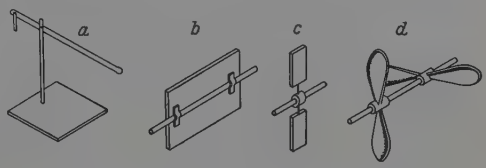


Abb. 155: Skizzen von mechanischen Rührsystemen (Biol. Bundesanstalt, Braunschweig)

Die Rührwirkung hängt in erster Linie von der Größe des je Zeiteinheit zwangsläufig bewegten Flüssigkeitsvolumens im Verhältnis zum Behältervolumen ab. Die Güte der Vermischung wird um so besser sein, je größer dieses vom Rührwerk in der Zeiteinheit bewegte Flüssigkeitsvolumen ist. Die einzelnen mechanischen Rührsysteme haben dabei unterschiedliche Wirkung. Von Einfluß ist die Form, die Lage und die Art der Stellung der Teller, Blätter, Flügel und Schaufeln. Auch die Behälterform spielt bei der Flüssigkeitsbewegung zur Beurteilung des Rührvorgangs eine Rolle.

Waagerecht laufende Rührbewegungen in langsamer Horizontalrührung sind unzweckmäßig, weil sie das natürliche Bestreben der Wirkstoffteilchen, sich abzusetzen, nicht genügend aufheben. Senkrecht laufende Bewegungen, wie sie bei den meisten Tellerrührwerken vorzufinden sind oder ein System von rührenden Blättern, Flügeln oder Propellern können besser durch unregelmäßige Bewegung mit möglichst stark gekrümmten Bahnen eine dauernde Verschiebung der einzelnen Teilchen gegeneinander erzielen und dabei gleichzeitig die gesamte Flüssigkeit im Behälter zu einem dauernden Ausgleich zwingen. Sie können ein intensives Durchwirbeln der Brühen bewirken, wenn sie in entsprechender Geschwindigkeit und Häufigkeit bewegt werden. Die minimale Rührkraft zur völligen Vermischung von Mittel und Trägerstoff

wird bei jeder unterschiedlichen Brühe und bei jeder unterschiedlichen Feinheit der Präparate verschieden sein.

Aus betriebswirtschaftlichen Gründen ist es schwieriger, die Rührwerke in beweglichen Pflanzenschutzgeräten den Erfordernissen anzupassen als bei stationären Rühranlagen, wo vielfach der Leistungsbedarf eine nicht so große Rolle spielt.

Die hydraulische Rührung mischt mit einem Flüssigkeitsstrahl (311). Dies geschieht fast ausschließlich durch Umpumpen der Brühe. Die Pumpen sind hierzu überdimensioniert und die nicht zum Spritzen benötigte Brühe wird durch das Überdruckventil bzw. durch ein Rücklaufventil zurück in den Behälter gedrückt. Beim Durchtreten durch ein Überdruckventil entspannt sich dieser Druck sehr schnell und die Brühe tritt mit nur geringer Bewegungsenergie in den Behälter ein. Ein speziell für die hydraulische Rührung konstruiertes Rücklaufventil erfüllt den Zweck des Rührens besser, da der Querschnitt für den Rücklauf von vornherein ständig frei ist — er wird jeweils bei anderer Hektarmenge geändert — und der Pumpendruck also immer in der gleichen Stärke vorhanden ist wie am Spritzorgan. Der Leistungsbedarf ist aber bei einem ausreichenden hydraulischen Rührwerk erheblich größer als bei einem mechanischen Rührwerk mit gleicher Wirkung.

Pneumatische Rührwerke sind bei Pflanzenschutzgeräten wenig eingeführt (292). Bei Motorfüllpumpen wird die Druckluft, die die Luftfüllpumpe liefert, allerdings zum Rühren benutzt. Auch bei großen Druckbehälter-Spritzen und bei Sprühgeräten wird die vom Gebläse auf die Flüssigkeitsoberfläche im Behälter zum Austreiben der Flüssigkeit aufgebrachte Luft vielfach unten in den Behälter eingeführt und durch die Flüssigkeit geleitet. Diese geringe Bewegung genügt aber nicht, um von einem pneumatischen Rührwerk zu sprechen. Für eine wirklich genügende Rührwirkung, so daß das je Zeiteinheit zwangsläufig bewegte Brühevolumen im richtigen Verhältnis zum Behältervolumen steht, sind wesentlich größere Luftmengen nötig.

Abb. 156: Radangetriebene Differentialpumpe (Werkbild: Mauser), angetrieben durch die Laufräder. Um die Einzelheiten besser sichtbar zu machen, ist das Laufrad an der vorderen Seite abmontiert worden

An der Gesamtleistung der Pflanzenschutzspritze hat die Pumpe einen maßgeblichen Anteil (61, 106, 145, 164, 249). Bei den relativ geringen Flüssigkeitsmengen, aber gleichzeitig hohen Arbeitsdrücken bewährt sich die Kolbenpumpe. Sie eignet sich auch besonders dort, wo die Förderung von Wasser mit ungelösten festen Bestandteilen (Suspensionen) erfolgt. Entsprechend den hohen Betriebsdrücken sind die Pumpen verhältnismäßig langhübig. Die Hubzahl ist nicht sehr hoch, damit die zuverlässigen, widerstandsfähigen und federlos arbeitenden Kugelventile in allen Fällen verwendet werden können.

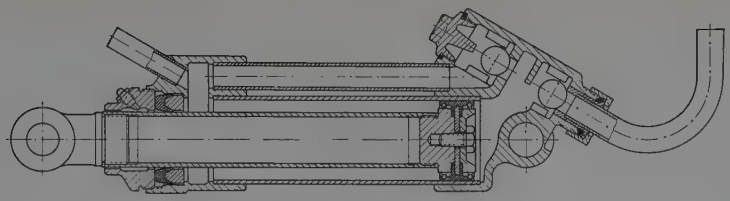


Abb. 157: Konstruktionszeichnung zur radangetriebenen Differentialpumpe. (Werkbild: Mauser)

Je nach der verlangten Förderleistung werden 1—3 Zylinder vorgesehen. Die Dreikolbenpumpen haben infolge der Versetzung der Kurbelzapfen auf der Antriebswelle um 120° die geringsten Druckschwankungen. Auch Differentialkolbenpumpen bewähren sich im Pflanzenschutz. Die Pumpe (Abb. 156 und 157, betriebsfertig und Schnittzeichnung) saugt in der ersten Hälfte der Kurbelumdrehung (aufwärts) mit vollem Querschnitt an, gleichzeitig drückt sie die bereits hinter dem Kolben befindliche Flüssigkeitsmenge aus, die durch den vorherigen Druckhub (abwärts) durch das Überströmrohr hinter den doppelt wirkenden Kolben gelangt ist. In der zweiten Hälfte der Kurbelumdrehung wird eine halbe Saugmenge in den Windkessel und die andere Hälfte hinter den Kolben gedrückt. So ist bei jeder Umdrehung die Belastung ausgeglichen. Gute Pumpen sind staubdicht gekapselt. Alle Metallteile, die mit Spritzbrühe in Berührung kommen, sind aus korrosionsbeständigem Material. Die Schmierung erfolgt selbsttätig durch Ölbad oder durch eine Ölpumpe.

In neuerer Zeit werden bei Kolbenpumpen im Pflanzenschutz neben Zylinderbüchsen aus hochwertigem Metall auch solche mit emaillierten Innenflächen oder aus Porzellan verwendet. Sie haben eine große Korrosionsfestigkeit gegenüber allen

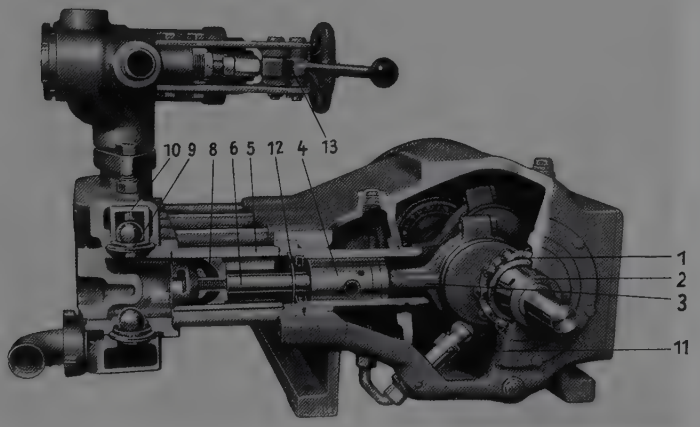


Abb. 158: Schnittzeichnung einer Hochleistungspumpe. 1 = Kugellager, 2 = Kurbelwelle, 3 = Pleuelstange, 4 = Geradführungskolben, 5 = Zylinder, 6 = Kolbenstange, 8 = Kolben, 9 = doppelseitige Ventilsitze, 10 = auswechselbare Ventilführungen, 11 = Ölumlaufschmierung durch Ölpumpe, 12 = Abdichtung zwischen Öl- und Druckkammer, 13 = Druckregelautomatik. (Werkbild: Fricke)

Brühen und hohe Verschleißfestigkeit. Der Lauf der Kolben ist leicht wegen der guten Gleitverhältnisse von Gummi auf Emaille oder Porzellan bei Wasser bzw. Brühe als Schmiermittel.

Schwenkbare Getriebekästen ermöglichen sämtliche Anbaufälle. Das Konstruktionsprinzip soll eine Schnittzeichnung (Abb. 158) verdeutlichen. Eine Kolbenpumpe ist in ihrer Leistung hinsichtlich der Fördermenge starr. Sie leistet das ihr durch die Drehzahl, die Anzahl der Kolben, deren Durchmesser, sowie durch den Hub vorgeschriebene Volumen. Wird die Ausbringung dieses Volumens durch irgendwelche Maßnahmen ganz oder teilweise verhindert, z. B. durch Schließen eines Hahnes oder Schiebers, dann entstehen Schwierigkeiten, deren Vermeidung zusätzliche Einrichtungen, wie Sicherheitsventile, nötig machen. Nicht starr ist die Kolbenpumpe in bezug auf die Förderhöhe. Sie hängt ausschließlich von der Leistung des Antriebsmotors, von der Bauweise der Pumpe und von ihrer und der Belastungsfähigkeit der Rohre und Schläuche ab. Durch diese Eigenart paßt sich eine Kolbenpumpe der Förderhöhe an. Ob das Gelände zum Standpunkt der Pumpe 10 oder 100 m hoch liegt, wirkt sich auf den Druck an der Düse bei Kolbenpumpen nicht aus. Dieser Tatsache verdankt sie auch ihre Eignung bei der Behandlung sehr steiler Weinberge und Obstkulturen.

Der volumetrische Wirkungsgrad bei Kolbenpumpen liegt zwischen 80 und 99 %, der Gesamtwirkungsgrad zwischen 60 und 70 %.

Jede Kolbenpumpe besteht nun aus einer Vielzahl sich bewegender und dem Verschleiß ausgesetzter Elemente. Sie benötigt zum Antrieb durch den Motor einen Zahnrad-, einen Ketten- oder einen Keilriemenantrieb. Vielfach ist noch ein Zahnradgetriebe dazwischengeschaltet. Neben der Kurbelwelle mit zwei Hauptlagern und — je nach Pumpenart — mit ein, zwei, drei oder vier Pleuellagern besitzt sie einen oder mehrere hin- und hergehende Kolben mit Kolbenbolzenlagern oder mit Gerad-Führungskolben oder Kreuzkopf und Kreuzkopflagern, außerdem Saug- und Druckventile. Auf einer guten Funktion aller dieser Teile beruht zu einem großen Teil die Arbeitsweise und damit die einwandfreie Leistung. Dazu haben die Kolbenpumpen ein großes Gewicht, ihre Konstruktionen sind verhältnismäßig klobig, die Anschaffungskosten liegen hoch.

Diese Nachteile lassen sich bei Kreiselpumpen, soweit ihre Verwendbarkeit zweckmäßig ist, ausschalten. Wenn es z. B. auf Leistungen von 40 bis 60 m^3/h und auf Förderhöhen zwischen 60 und 80 m ankommt — für diese Leistungen kommt man mit einer Stufe (2800 U/min) aus —, arbeitet die Kreiselpumpe wirtschaftlich. Sie kann mit einem Elektro- oder Verbrennungsmotor direkt gekuppelt werden. Die Wartung erstreckt sich nur auf die Überwachung einer Stopfbuchse für eine dünne schnellaufende Welle. Die Kreiselpumpe ist viel leichter und wesentlich billiger. Ihr Platzbedarf ist geringer. Empfindliche Ventile und Windkessel fallen fort. Ihre Laufräder haben eine große Spaltbreite. Eine gewisse Zeit kann die Kreiselpumpe gegen einen geschlossenen Schieber arbeiten; der maximale Druck wird hierbei nicht gesteigert.

Die Kreiselpumpe ist nach Fördermenge und Förderhöhe elastisch, mindestens im Bereich ihrer sogenannten Kennlinie. (Diese gibt Auskunft über das Verhältnis zwischen Wassermenge und Förderhöhe bei einer bestimmten Drehzahl sowie über den

zugehörigen Wirkungsgrad). Jede Kreiselpumpe hat einen Arbeitsbereich, innerhalb dessen sie mit höchstem Wirkungsgrad arbeitet.

Seit der Einführung der schnellaufenden Antriebsmotoren besteht ein Interesse, die hochtourigen Kreiselpumpen zu verwenden. Die Betriebsverhältnisse sind jedoch nicht sehr günstig, wenn die Kreiselpumpe den Anforderungen kleiner Literleistung und großer Förderhöhe gerecht werden soll. Sie benötigt dann eine hohe Stufenzahl. Die Wirkungsgrade kommen bei solchen Leistungen kaum über 60 % hinaus. Die Laufradbreiten sind schmal, so daß sie körnige Flüssigkeiten nicht durch die Kanäle der Laufräder hindurchlassen. Bei den üblichen Brühen (Suspensionen) ist der Verschleiß an den Schaufeln sehr hoch. Ein gutes Sieb vor oder in der Saugleitung ist bei jeder Pumpenart erforderlich, denn Steine, Hölzer und Blätter verträgt weder eine Kolben- noch eine Kreiselpumpe.

Die Verwendung von Zahnradpumpen (Drücke bis 30 atü) scheidet hauptsächlich aus Gründen der Empfindlichkeit gegen Korrosion und gegen schmirgelnde Bestandteile ihrer sehr hoch beanspruchten Teile aus. Nur korrosions- und verschleißfeste Werkstoffe können hier Abhilfe schaffen. Zahnradpumpen sind betriebssicher und haben den Vorteil des einfachen Baues, der Ventillosigkeit und der Billigkeit (249).

Im Ausland haben sich schon vielfach rotierende Pumpen eingeführt, u. a. auch Rollenpumpen mit Gummi- oder Nylon-Rollen, die nach dem Zentrifugalprinzip arbeiten (Leistung: 25 l/min bei etwa 15 atü und 800 U/min).

Bei den Pumpen verdienen neben den Sicherheits- und Druckreglerventilen die Pumpenkolben besondere Beachtung. Die Kolben sind hohen Beanspruchungen ausgesetzt. Vollständige Dichtheit gegen den Durchtritt von Brühe muß von ihnen verlangt werden. Sie müssen elastisch und möglichst undurchlässig sein (Gummi, Gummi mit Gewebeauflage, Leder, synthetische Stoffe), gleichzeitig aber auch einen geringen Reibungskoeffizienten haben. Sie dichten entweder durch Vorspannung oder durch den Flüssigkeitsdruck im Zylinder ab, häufig durch das Zusammenwirken beider Vorgänge. Ihre Bewegung im Zylinder erfordert daher Kraft. Es entstehen hohe Anpreßdrücke, und diese ergeben starke Reibung. Die Ausführung muß so gewählt werden, daß diese Kräfte möglichst gering gehalten werden, damit die Motorleistung für die Bewegung der Kolben sowie der Verschleiß von Kolben und Zylindern auf ein Minimum gebracht werden.

Die Skizzen der Abb. 159 zeigen verschiedene Kolbenarten. Die Ausführungsform a stellt einen Hohlzylinder-Kolben dar, der vorn auf die Kolbenstange aufgeschoben und zwischen zwei Metallscheiben so gepreßt wird, daß die Oberfläche sich ballig dem Zylinder anpaßt. Die erforderliche Vorspannung bedingt Reibung. In der Ausführung b sind zusätzlich zur Ausführung a in der dem Pumpenhubraum zugekehrten Metallscheibe Bohrungen

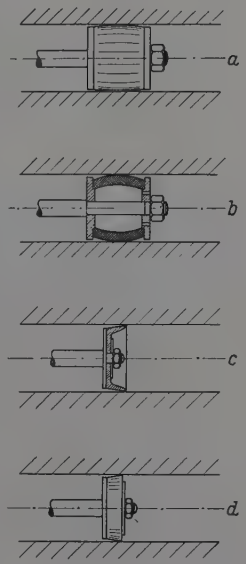


Abb. 159: Verschiedene Kolbenarten

angebracht worden, durch die die Brühe hindurchtreten kann, so daß sie den Hohlzylinder-Gummikolben mit ihrem Überdruck von innen an die Zylinderwandung drückt. Auf diese Weise entspricht der Anpreßdruck zwischen Kolben und Zylinderwand jeweils dem Betriebsdruck und man erreicht, daß bei niedrigen Drücken keine unnötig starke Pressung auftritt. Der Kolben wird also mehr geschont. Hohe Drücke sorgen selbst für ein dichtes Arbeiten des Kolbens.

Die Form c ist eine oft verwendete Hohlmanschette. Ihr ähnlich ist der Kalotten-Kolben. Beide spannen selbst und dichten genau wie die Ausführung b. Je größer der Druck wird, um so besser ist die Abdichtung, aber auch um so größer — genau wie bei Ausführung b — wird die Reibungskraft, die zur erforderlichen Kolbenkraft zusätzlich aufgebracht werden muß.

In der Skizze d wird eine Vollmanschette gezeigt, die, wenn sie genau paßt, theoretisch überhaupt keine Vorspannung benötigt, weil der Innendruck an der Manschette keine Reibungskomponente erzeugt.

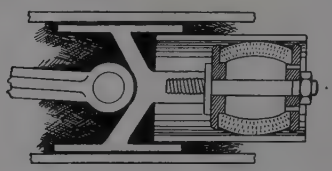


Abb. 160: Kolbengeradführung (nach Gallwitz)

Es ist Sache des Konstrukteurs, die Auswahl nach Werkstoff, Abmessungen und Oberflächenform und -bearbeitung so zu treffen, daß der Durchtritt von Brühe gerade mit Sicherheit verhindert wird, ohne daß der Kolben stärker als hierzu nötig auf die Zylinderwand drückt, so daß sein Verschleiß so gering wie möglich gehalten wird.

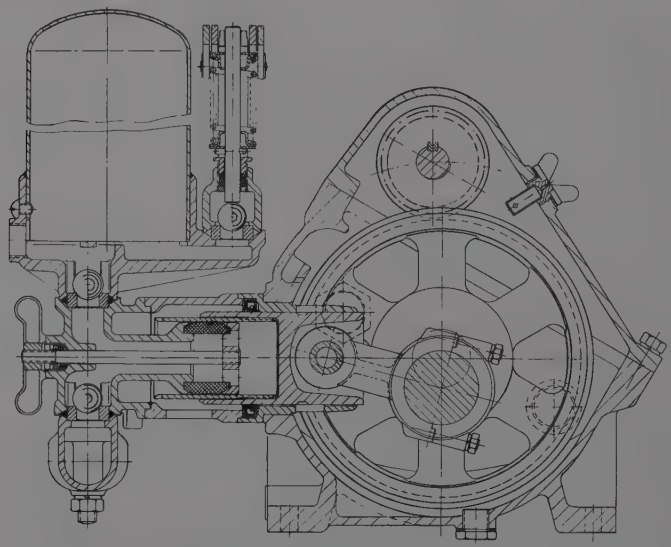


Abb. 161: Kolbenpumpenkonstruktion mit feststehendem Kolben und beweglichem Zylinder. (Werkbild: Mauser)

Bei den oft hohen Betriebsdrücken ist es sehr wichtig, die seitwärts auf die Zylinderwand gerichteten Kolbendrücke, die durch den Kurbeltrieb entstehen, von den Zylinder- und Kolbenlaufflächen fernzuhalten. Daher findet man bei allen Konstruktionen besondere Kolbenführungen zur Aufnahme dieser schädlichen Beanspruchungen (Abb. 160) oder eine schwingende Zylinderanordnung.

Man muß den Kolben — wenn erforderlich — bequem nachstellen können, ebenso müssen die Ventilkammern gut zugänglich sein, so daß man ohne Abbau allzu vieler Teile die Ventilkörper herausnehmen kann. Die Ventilsitze sollen beidseitig verwendbar und zwischen Druck- und Saugventil austauschbar sein. Das Beispiel einer Konstruktion, die ermöglicht, den Kolben während des Betriebes von außen ohne Werkzeug nachzustellen, zeigt die Abb. 161. Diese Ausführung besitzt feststehende Kolben und bewegliche Zylinder.

Alle Kolbenpumpen der Pflanzenschutzgeräte haben einen Windkessel. Der Windkessel gleicht den stoßweise schwankenden Pumpendruck zu einem kontinuierlichen Mittelwert aus, so daß am Spritzorgan ein möglichst gleichmäßiger Druck herrscht. Je größer das Luftvolumen eines Windkessels ist, um so geringer werden die Druckschwankungen. Man bringt das Hubvolumen zum Windkesselvolumen in ein bestimmtes günstiges Verhältnis. Bei einzylindrischen, handbetriebenen Pumpen soll es etwa 1 : 15 sein. Bei mehrzylindrischen, mechanisch angetriebenen Pumpen, bei denen die Kolbenhübe gleichmäßig auf die Kurbelumdrehung verteilt und kürzer sind, ist bei kleinen Typen ein größerer Windkesselraum erforderlich als bei größeren. Das Verhältnis Hubvolumen zu Windkesselvolumen ändert sich hier von ungefähr 1 : 30 bis 1 : 15.

Die Verbindung zwischen Pumpe und Behälter (Saugleitung) sowie zwischen Pumpe und Spritzorgan (Druckleitung) wird bei Pflanzenschutzgeräten fast ausschließlich — abgesehen von Zwischen-Rohrstücken — durch Schläuche hergestellt.

Der Saugschlauch spielt gegenüber dem Druckschlauch nur eine geringe Rolle, da er großen Beanspruchungen kaum ausgesetzt ist. Es können hierzu normale handelsübliche Schlauchfabrikate verwendet werden.

Der Druckschlauch dagegen hat oft erhebliche Drücke (bis 80 atü) auszuhalten (139, 145, 243, 362). Der Hochdruckschlauch (Abb. 162) wird mit starker Gummiwandung und verhältnismäßig geringer lichter Weite hergestellt. Die mechanische Festigkeit wird durch Gewebeeinlagen aus Hanf-, Baumwoll- oder synthetischen Faserstoffen in Klöppel- oder Cordverarbeitung erreicht. Genügend hohe Elastizität bei gleichzeitig großer Steifigkeit, Festigkeit und Drallfreiheit muß gewährleistet sein. Der Druckschlauch wird vorwiegend mit einer oder mehreren Cordeinlagen hergestellt. Die Einlage hat schraubenlinienartig, dicht gewickelte Lagen einzelner Schnüre. Bei mehreren Lagen sind die Schraubenlinien gegenläufig. Hierdurch wird am ehesten der Drall ausgeschaltet. Sind die Textileinlagen ungleichmäßig gewickelt oder schwankt die Qualität der Faser zu sehr, so entstehen unregelmäßige Spannungen in der Schlauchwand. Die verwendeten Gummiqualitäten —

Abb. 162: Schnitt durch einen Hochdruckschlauch. (Werkbild: Paguag)

meist Naturkautschuk — sind gegenüber den meisten Spritzmitteln unempfindlich. Sie leiden in der Hauptsache an Verschleiß und an einem Alterungsprozeß, der vor allem durch Wärme und Trockenheit beschleunigt wird.

Die stärkste mechanische Beanspruchung erfahren die Schläuche beim Schlauchspritzverfahren im Weinbau. Hier werden Schlauchlängen bis zu mehreren 100 m verwendet, die Drücken bis zu 40 atü ausgesetzt sind. Sie unterliegen dazu starken Zugbeanspruchungen durch Nachziehen hinter der Spritzkolonne und durch Aufrollen auf die Schlauchhaspel. Die starken Zugbeanspruchungen führen außerdem Querschnittsverengungen und damit Druckverluste herbei. In langen Schlauchleitungen treten Druckverluste schon allein infolge der Strömungswiderstände auf — besonders bei den engen Querschnitten, wie sie bei Pflanzenschutz-Hochdruckschläuchen üblich sind (139, 243).

Die lichten Weiten der Schläuche sind genormt. Im allgemeinen werden Hochdruckschläuche mit 7 mm Innendurchmesser für handbetätigte Spritzen und Drücke bis 30 atü, mit 10 mm für Motorspritzen im Feld- und Obstbau und mit 13 mm für Motorspritzen im Obst- und Weinbau verwendet. Bei den Schläuchen mit 10 und 13 mm Innendurchmesser müssen Festigkeiten bis 60 atü Druck, möglichst bis 80 atü, gefordert werden. Die Herstellung von hochwertigen Gummischläuchen ist nicht einfach. Der Aufwand an Maschinen, Werkzeugen und Werkstattraum ist sehr groß. Die Herstellungsverfahren werden von den Herstellerfirmen streng gehütet. In der Regel wird auf einen 20 bis 50 m langen Metallkern zunächst die mehrere Millimeter starke innere Gummischicht aufgebracht. Darüber werden die Gewebeeinlagen gewickelt, geflochten oder geklöppelt. Sie müssen gleichmäßig, sorgfältig dicht und mehrfach übereinander gelegt werden. Die äußere Schicht ist dann wieder Gummi. Nach diesem mechanischen Prozeß werden die Schläuche aufgeheizt und mit Bindegewebe, das später wieder entfernt wird, vulkanisiert. Eine Kennzeichnung der Oberfläche ist wichtig für den Handel.

Die Schläuche werden mit besonderen Schlauchbefestigungen (145) angeschlossen (Anschlüsse vgl. DIN 11 207). Renkkupplungen sind genormt (DIN 11 208). Sie bewähren sich besonders bei Füllschläuchen für Hochdruckrückenspritzen (Batteriespritzen) wegen ihrer schnellen Schließ- und Lösbarkeit. Auch bei der Herstellung langer Schlauchleitungen (Schlauchspritzverfahren im Weinbau) sind sie sehr zweckmäßig. Sie sind unempfindlich und relativ leicht zu handhaben. Andere Ausführungen sind empfindlicher und führen vielfach zu Störungen, da sie hin und wieder gelöst werden müssen; sie sind aber billiger. Verbreitet sind Schlauchschellen, die aus Stahlblech gepreßt oder aus Temperguß hergestellt sind und durch Schraube und Mutter um den Schlauch festgezogen werden (Ausführung a der Abb. 163). Sie halten stärkste Beanspruchungen aus. Für geringere Beanspruchungen werden Schlauchklammern mit Klemmschrauben nach Ausführung b benutzt. Auch die vom Autobau her bekannten Schlauchbänder nach c werden verwendet. Sie können sehr schnell und sehr fest mit einem Schraubenzieher angezogen werden. Sie benötigen wenig Schlauchlänge und verursachen durch ihre flache Ausführung kaum Störungen.

Neben der Pumpe hat die Düse in ihrer mannigfaltigen Anwendungsform als Einzeldüse, als Einzel-Strahlrohr, Spritzpistole oder in Düsenkombinationen als Düsenrohr, -balken, -gestänge, Mehrstrahlrohr den größten Einfluß auf die Leistung eines Spritzgerätes (Deutschl.: 136, 145, 148, 211, 212, 318, 319, 365, 366, 405, 406,

621, 631; USA: 439; Engl.: 52; Schweiz: 248, 251, 252, 253, 254, 255, 258, 259, 263).

In der Spritztechnik werden nicht die normalen Düsen allein, bei denen hohe Geschwindigkeiten durch plötzliche Verengung des Querschnittes in Rundloch- oder Schlitzform hervorgerufen werden, sondern noch zusätzliche Zerstäuberelemente verwendet. So entstanden die Drall- oder Pralldüsen. In diese Begriffsform lassen sich alle Spritzdüsen einordnen, ganz gleichgültig ob aus Gründen der Heraushebung von besonderen Eigenschaften oder der Firmenwerbung auch andere Beziehungen wie Spardüse, Nadeldüse, Eicheldüse, Schlitzdüse, Durodüse, Schleierdüse u. a. m. in Gebrauch sind. Mit Pralldüsen wird ausschließlich ein Rundstrahl bewirkt, mit Pralldüsen kann ein Flach- oder ein Rundstrahl erzeugt werden.

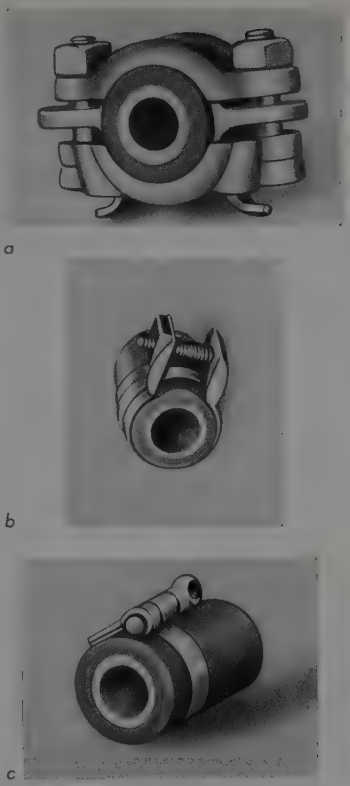


Abb. 163: Schlauchbefestigungen (nach Gallwitz)

Bei den Dralldüsen wird in den meisten Ausführungen die Flüssigkeit durch spiralförmige Rillen in einem Drallkörper, der in den Düsenkörper eingesetzt ist, gepreßt, dadurch in Wirbelung versetzt und dann mit hoher Geschwindigkeit durch eine zentrale Bohrung am Düsenende, meist eine Düsenkappe, gedrückt. Der Flüssigkeitsstrahl wird durch die in ihm wirksamen zentrifugalen Beschleunigungskräfte unmittelbar hinter der Düsenbohrung zerstäubt. Die Düsenkappe enthält entweder selbst die Düsenbohrung oder sie ist als aufschraubbarer Ringkörper ausgebildet, in den eine Abschlußplatte mit der Düsenbohrung eingelegt wird (365). Die letztere Ausführung hat den Vorteil, daß solche Düsenplättchen ausgewechselt und mit verschieden großen Bohrungen versehen werden können. Dadurch lassen sich die Ausbringmengen variieren. Die Bohrungen unterliegen starkem Verschleiß. Daher werden diese Plättchen aus korrosionsfesten und besonders widerstandsfähigen Stahllegierungen gefertigt.

In der Schweiz wurden bereits 1950 für Düsen (Helico-Düsen der Firma Birchmeier & Co., Künten/Aargau) Saphire oder Rubine verwendet, die chemisch und mechanisch fast unangreifbar sind. Die Düse besteht aus Bronze mit einer inneren Hülse aus rostfreiem Chrom-Nickel-Stahl. Zwischen den beiden Metallen ist der Saphir- oder Rubinstein gefaßt.

Die Ausführungsform einer Dralldüse mit eingesetztem Drallkörper ist in Abb. 164 a dargestellt. Der Flüssigkeitsstrahl wird infolge der Drehbeschleunigung in Form eines Voll- oder meistens eines Hohlkegels zerstäubt. Je nach dem Abstand des Drallkörpers vom Düsenaustrittsquerschnitt ändert sich der Spitzenwinkel dieses

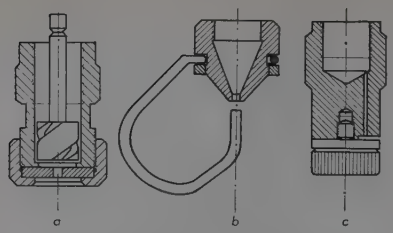


Abb. 164: Ausführungsarten von Spritzdüsen. Dralldüse (a), Pralldüsen (b und c) (Biol. Bundesanstalt, Braunschweig)

Kegels. Je kleiner der Abstand ist, um so größer wird der Spitzenwinkel, um so breiter also die Verteilung.

Auch bei tangentialer, exzentrischer Zuführung der Flüssigkeit in den Düsenkörper unmittelbar vor der Düsenaustrittsbohrung — wie man es bei einigen älteren Düsenarten vorfindet — hat man es mit einer Dralldüse zu tun.

Bei den Pralldüsen wird der Spritzstrahl mit sehr hoher Geschwindigkeit durch die Düsenbohrung auf eine in geringem Abstand davor befindliche Prallplatte geleitet und so zerstäubt. Der Strahl kann entweder allseitig oder — falls die Prallebene durch eine der Flächen eines Schlitzes gebildet wird — in einer Ebene zerstäuben.

Bei einer Pralldüse mit breit zerstäubendem Strahl steht die Aufprallplatte mit Hilfe eines Bügels, der vom Düsenkörper gehalten wird, der aus der Düsenbohrung mit hoher Geschwindigkeit austretenden Flüssigkeit gegenüber (Abb. 164 b). Der Strahl zerstäubt annähernd gleichmäßig nach allen Richtungen. Form der Prallplatte (eben, ballig) und Abstand von der Düsenmündung beeinflussen den Flüssigkeitsstrahl.

Der Flachstrahl wird bei fast allen Ausführungsarten dadurch erreicht, daß im oberen Teil des Düsenkörpers ein Schlitz eingesägt ist oder durch eine Abschlußplatte gebildet wird, gegen dessen obere Fläche der Flüssigkeitsstrahl durch eine meist exzentrisch bis in die untere Schlitzwand durchgeführte Bohrung gepreßt wird (Abb. 164 c). Der Brühestrahl zerstäubt dann in Richtung des Schlitzes in einer meist leicht gekrümmten Ebene. Diese Anordnung hat ihre Vorzüge bei Feldspritzungen, bei denen der flache Strahl senkrecht zur Spritzebene gleichmäßig bewegt wird. Bei Baumspritzungen, bei denen es auf eine raumfüllende Zerstäubung ankommt, sind diese Flachstrahl-Bauarten weniger zweckmäßig.

Die Beurteilung einer Düse erfolgt in erster Linie nach ihrer Ausflußcharakteristik. Die Vorgänge in der Düse sind theoretisch noch recht ungeklärt und auch schwierig zu erfassen. Die Ausflußcharakteristik — die Abhängigkeit der Ausbringmenge in l/min (Literleistung) vom Druck in atü — ist am besten praktisch zu bestimmen. Ihre Kenntnis ermöglicht es, die Spritze jederzeit auf eine bestimmte Menge je Fläche oder Zeit einzustellen. Die Liefermenge ist aber nicht allein für die Beurteilung maßgebend, sondern die Zerstäubungsfeinheit und -gleichheit, mit der die betreffende Menge geliefert wird, spielt eine äußerst wichtige Rolle (90, 126, 127, 252, 300, 319, 548). Die Feinheit der Zerstäubung beim Spritzen wird herbeigeführt durch Wahl kleiner Düsenbohrungen, Verkleinerung des Prallflächenabstandes von der Düsenbohrung sowie durch Anwendung hoher Drücke oder durch Kombination dieser Maßnahmen. Die Entwicklung der Zerstäubung hängt dann außerdem noch von der Viskosität und Oberflächenspannung der Flüssigkeit sowie dem Zustand der umgebenden Luft ab.

Die Fragen der Tropfengröße sind im Unterkapitel „Einsatz und Bewährung" ausführlich behandelt, und über die Bestimmung der Tröpfchengrößen und der

Tröpfchenverteilung finden sich Angaben im Abschnitt „Prüfung der Pflanzenschutzgeräte".

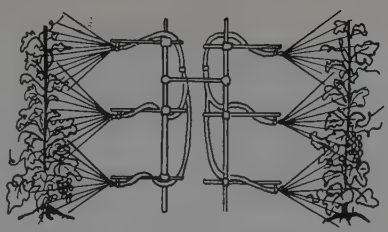


Abb. 165: Anordnung von Spritzdüsen zur vollmechanischen Rebenspritzung

Düsenrohre (Düsengestänge, Düsenbalken) mit einer Anzahl nebeneinander angeordneter Düsen sind in erster Linie bei den Feldspritzen in Gebrauch. Man kann voraussetzen, daß die Spritzwinkel der verwendeten Rund- und Flachstrahldüsen bekannt sind. Dann läßt sich der richtige gegenseitige Abstand der Düsen bei jeder Höhe von der Spritzebene bestimmen, um die bestmögliche Überdeckung der Einzelstrahlen für eine gleichmäßige Gesamtverteilung zu haben (300).

Die in Serien angeordneten Düsen finden sich aber auch als Spezialrohrgestänge an Obst- und Weinbau-Geräten (Abb. 165). Sie gehören entweder unmittelbar zu dem für diesen Zweck konstruierten Sondergerät oder sie sind Einzelaggregate, die an jedes hierfür geeignete Spritzgerät angebaut werden können. Die Düsenrohre stehen senkrecht oder geneigt, um aus den Düsen bei einem Durchfahren durch die Anlagen nach einer Seite oder nach beiden Seiten den Bestand mit einem breiten Flüssigkeitsstrahl zu treffen.

Die Winkelstellung der Spritzrohre kann zur Anpassung an die Bestandhöhe und an den Reihenabstand geändert werden. Auch automatisch-drehbare Gestänge werden vorgesehen, um jede Pflanze halbseitig (zum Spritzgerät hin) von vorn, von der Seite und von hinten spritzen zu können (Abb. 166). Die Auswahl der spritzenden Düsen kann variiert und der Bestandhöhe dadurch angepaßt werden, daß nicht benötigte Düsen blind geschlossen werden. An ausländischen Geräten findet man auch

Abb. 166: Durch Anschlagstangen automatisch schwenkbares Spritzgestänge für Buschanlagen. (Photo: Hüsken)

Düsen, die an Kugelgelenkrohren angebracht sind, die ihrerseits allseitig verstellbar sind oder die sogar durch einen Exzenter bewegt werden.

Sehr verbreitet im In- und Ausland sind Handspritzrohre (Abb. 167) (258). Die Spritzstäbe werden aus einem Messing-, Leichtmetall- oder Kunststoffrohrteil ausgeführt. Am Schlauchanschlußende ist ein Hangriff mit Ventil und vielfach mit einem in einer Siebhülse untergebrachten Spezialfiltersieb angebracht. Den Abschluß des Spritzstabes bildet ein Anschlußstück für meist auswechselbare Düsen.

Abb. 167: Handspritzrohr. (Werkbild: Boskamp)

Bei der regulierbaren Düse der Handspritzrohre wird von der Verschiedenartigkeit der Strahlbildung durch Änderung des Abstandes von Düsenaustrittsöffnung und Drallkörper Gebrauch gemacht. Mit solchen verstellbaren Düsen können ein langer, fast geschlossener Strahl mit kleinem Spritzwinkel oder ein sehr breit zerstäubender, kurzer Strahl oder beliebige Zwischenstufen eingestellt werden.

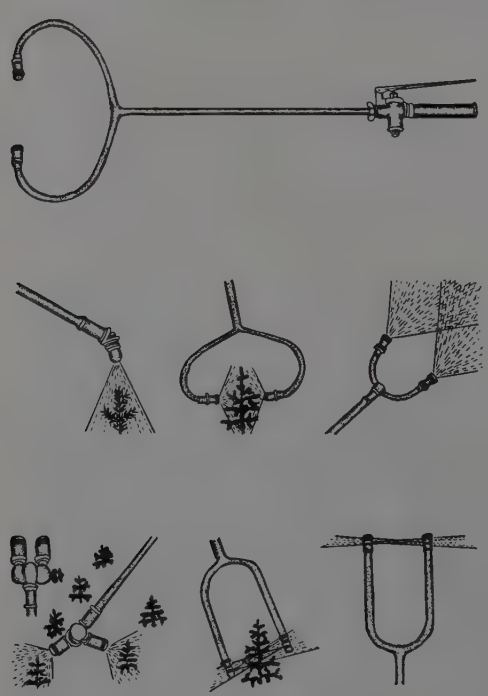


Abb. 168: Ausführungsarten von Gelenkdüsen und Zangenrohren (nach Schindler)

Die Spritzstäbe sind bei einigen Ausführungen vorn mit einem Bogenstück versehen, falls nicht die Düse drehbar ist. Auf diese Weise wird die Bespritzung der Blattunterseiten möglich. Zangenrohre bieten bei der Spritzung niedriger Pflanzenreihen z. B. in Rebschulen und im Forstschutz in Schonungen Vorteile (Abb. 168). Außerdem — auch vor allem im Forst — sind verstellbare Doppeldüsen, Düsengabeln und -scheren im Gebrauch. Der Obstbau arbeitet am wirtschaftlichsten mit Zwei-, Drei- oder Vierdüsenspritzrohren, die möglichst noch auswechselbare Düsensätze haben (Abb. 169, 170, 171, 172) (366).

Spritzrohrventile mit Leder- oder Gummidichtung haben sich besser bewährt als kegelförmige Messinghähne, die rasch undicht werden. Das Ventil erfordert ande-

rerseits beim Öffnen und Schließen mehr Zeitaufwand. Bei Hochdruckspritzen, die mit einem Schlauchentlastungshahn versehen sind, ist eine Absperrvorrichtung zwischen Schlauch und Spritzrohr unnötig. Sofern die Brühe keine gröberen Teilchen enthält, erübrigt sich auch ein Filtersieb.

Abb. 169: Gabel zu einem Dreidüsenspritzrohr. (Werkbild: Boskamp)

Muß der Spritzstrahl häufig unterbrochen werden, um beim Übergang von einer Pflanze auf die andere Spritzbrühe zu sparen, so benutzt man Schnellverschluß- oder

Abb. 170: Dreidüsenspritzrohr im Obstbau-Einsatz. (Photo: OVA Jork)

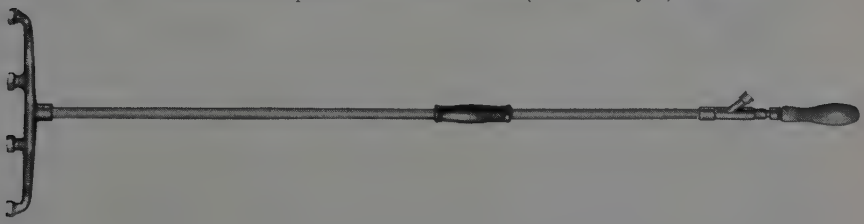


Abb. 171: Vierdüsenspritzrohr. (Werkbild: Boskamp)

Selbstschlußzerstäuber. Die Brühe tritt bei diesen nur während des Niederdrückens eines Hebels aus. In einem derartigen Momentventil drückt eine nichtrostende Feder eine Ventilkugel auf ihren Sitz und sperrt den Flüssigkeitszufluß. Bei Betätigung des Hebels im Griff hebt ein Bolzen die Ventilkugel vom Sitz ab und die Öffnung zum Spritzrohr wird freigegeben. Durch Anbringung eines Feststellschiebers läßt sich die Ermüdung der Hand bei längerem Niederdrücken des unter Federdruck stehenden Handhebels vermeiden.

Eine weitere Entwicklung ist die Hochdruck-Spritzpistole (Abb. 173) in ihrer Kombination von Schnellverschluß durch Handgriffabzug und unabhängiger Strahlbreiten- und Weitenverstellung durch Drehgriff.

Abb. 172: Düsensatz zum Auswechseln für Mehrdüsenspritzrohre (Werkbild: Boskamp)

Abb. 173: Hochdruck-Spritzpistole. (Werkbild: Fricke)

Abb. 174: Dreidüsenspritzrohr mit Revolvergriff. (Werkbild: Fricke)

Für höhere Baumbestände lassen sich Verlängerungsrohre aus Bambus verwenden. Einzelne Bambusrohre (bis 5 m Länge) können auf sehr große Längen miteinander verschraubt werden. Die Bambusrohre haben als Brüheleitung in ihrer Mittelachse ein Messingrohr. Die Steifigkeit wird durch die Bambushülse erreicht. Bambus-Spritzrohre bedürfen sorgfältiger Pflege. Feuchtigkeit, Sonnenbestrahlung und Biegebeanspruchungen müssen vermieden werden. Bambusrohre werden aber nur noch selten verwendet. Auch durch das Zusammenschrauben mehrerer Metallrohre können große Strahlrohrlängen erreicht werden, die immer dann zweckmäßig sind, wenn in größeren Höhen bei niederem Pumpendruck eine Breitzerstäubung des Strahles erwünscht ist. Bei langen Rohren ist es oft gut, einen Traggurt zu benutzen, da das Arbeiten auf die Dauer anstrengend ist. Ermüdungsteste in der Handhabung von langen Spritzrohren führten zur Schaffung des Revolvergriffes (Abb. 174). Das Rohr kann dabei in der bequemsten Körperhaltung, nämlich mit herunterhängendem Arm, am Handgriff getragen werden.

Da bei großen Baumhöhen in den meisten Fällen ein spitzer Strahlkegel für die Behandlung gegen Schädlinge ausreicht, so arbeitet man heute mehr mit den bereits genannten Spritzpistolen oder mit Hochstrahlern. Die Hochstrahler sind kurze

Spritzrohre (etwa 1 m Länge), bei denen die nötige Strahllänge durch hohen Pumpendruck bewirkt wird.

Ein Handspritzrohr soll leicht und handlich zu bedienen und universell verwendbar sein; man muß es also in Verbindung mit allen Spritzen, die den nötigen Druck aufbringen — also sowohl bei Brett-, Rücken- und Karrenspritzen als auch bei Motorspritzen — benutzen können. Zur Pflege und Reinigung muß es in seine einzelnen Teile zerlegbar sein, ohne daß dazu Werkzeug nötig ist.

Die Anschlußmaße für Spritzstäbe, Handstücke und Zerstäuber sind genormt (DIN 11 209).

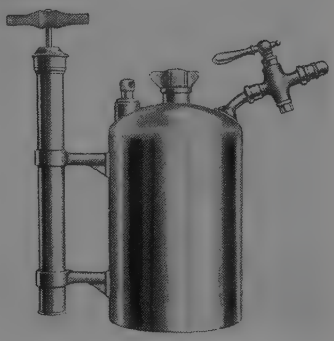


Abb. 175: Gärtner-Handspritze (Werkbild: Platz)

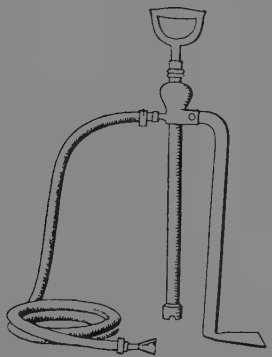


Abb. 176: Eimerspritze (nach Zillig)

Abb. 177: Spritzkanne. (Werkbild: Schäfer)

Abb. 178: Brettspritze. (Werkbild: Fricke)

β) Gerätetypen

Handspritzen (Abb. 175) sind billig in der Anschaffung und leicht zu handhaben (34, 99, 361). Man kann damit kleinste Brühemengen verarbeiten. Die einfachste Handspritze und damit auch das einfachste Spritzgerät ist ein kleiner, unten verschlossener Messingzylinder, in dem ein Kolben hin- und herbewegt wird. Den oberen Abschluß bildet eine Düse oder ein gerades oder gekrümmtes Rohr mit Düse. Die Brühe wird aus einem Behälter angesaugt und durch Kolbendruck aus der Düse zerstäubt.

Bei den „Eimerpumpen" (Abb. 176) wird die Pumpe (Zylinder und Kolben) in einen Eimer gestellt, an dessen Rand befestigt und durch Niederdrücken und Hochziehen des Kolbens mit einer Hand betätigt. Die andere Hand bedient ein mit dem Zylinder in Verbindung stehendes Strahlrohr. Ein kleiner Windkessel sorgt bei einigen Konstruktionen für einen gewissen Druckausgleich. Er genügt allerdings nicht, um das Pumpen von Zeit zu Zeit unterbrechen zu können. Der Kraftaufwand ist daher verhältnismäßig groß und führt leicht zur Ermüdung des Arbeiters. Die „Eimerpumpen" sind kaum noch in Gebrauch.

Spritzkannen (Abb. 177) mit 1 bis 3 Liter Flüssigkeitsinhalt sind bereits selbsttätige Pflanzenschutzspritzen. Bei dem handtragbaren Gerät ist an ein zylindrisches Gefäß eine Luftpumpe ein- oder angebaut. Der zylindrische Behälter wird bis etwa zur Hälfte mit Spritzbrühe gefüllt und in den Raum über der Flüssigkeitsoberfläche wird Luft bis etwa 5 atü Druck eingepreßt. Durch Niederdrücken eines an der Düse angebrachten Hebels wird ein Selbstschlußventil geöffnet. Der Flüssigkeitsinhalt tritt durch die Einwirkung des Luftdruckes aus. Das Austreten der Brühe kann jederzeit unterbrochen werden. An Stelle einer Düse unmittelbar am Gerät wird vielfach ein Strahlrohr verwendet. Die Verbindung zwischen Gerät und Rohr ist durch einen Schlauch hergestellt.

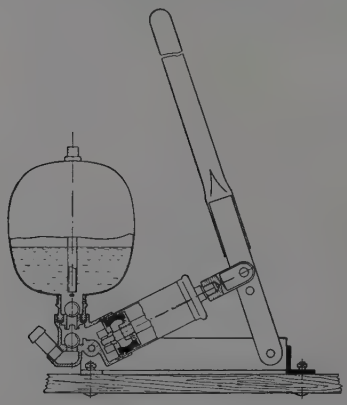


Abb. 179: Schnitt durch eine Brettspritze (Werkbild: Platz)

Bei größeren Leistungen kommt der Brettspritze (Abb. 178 u. 179) weitere Einsatzmöglichkeit als den vorbeschriebenen Gerätetypen zu. Die Brühe wird aus einem gesonderten Behälter angesaugt. Sie wird mit einer kleinen Kolbenpumpe in einen Windkessel gedrückt, dessen Abmessungen groß gehalten werden können, da das Gewicht keine ausschlaggebende Rolle spielt. Dadurch wird die Brühe mit gleichmäßigem Druck von 6—15 atü, bei doppeltwirkender Ausführung von 10—20 atü ausgebracht. Die Bedienung der Kolbenpumpe wird durch einen langen Hebel erleichtert. Das Aggregat ist auf einem Brett befestigt, auf dem der Bedienungsmann steht. Er kann in gewissen Grenzen gleichzeitig pumpen und den Spritzstrahl leiten. In der Regel sind jedoch 2 Bedienungsleute erforderlich.

Überall dort, wo Handspritzen nicht rentabel sind und fahrbare Geräte nicht eingesetzt werden können, bewährt sich die Rückenspritze (456, 466, 468, 469, 605). Ein möglichst der Körperform angepaßter Behälter (flach, elliptisch) wird mit Schulterriemen auf dem Rücken getragen. Bei zylindrischen Formen wird ein

besonderes Rückenblech angebracht. So wird gleichzeitig ein Zwischenraum zwischen der mit kalter Brühe gefüllten Spritze und dem warmen Körper geschaffen. Das Gewicht einer Rückenspritze beträgt je nach Typ 8—13 kg, der nutzbare Flüssigkeitsinhalt 10—20 l.

Die Membranspritze (Abb. 180 u. 181) ist die älteste Bauart der Rückenspritze. In dem Spritzbehälter ist ein Windkessel eingebaut, in den die Brühe durch eine von einem seitlichen Hebel betätigte Gummimembrane gedrückt wird. Der Windkessel gleicht die durch die Pumpenstöße bedingten Druckschwankungen aus und ermöglicht das Austreten der Brühe unter ständigem und gleichem Druck. Die Membranspritzen arbeiten nur mit sehr geringem Druck, da die Gummimembrane nur bis 3 atü beansprucht werden kann. Die Membrane ist außerdem sehr empfindlich und verschleißt rasch.

In Deutschland findet man kaum noch Membranspritzen, in anderen Weinbauländern werden sie bisweilen noch eingesetzt, da sie infolge der einfachen Bauart die billigsten Rückenspritzen sind.

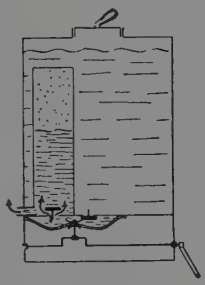


Abb. 181: Schema einer Membranspritze (nach Zillig)

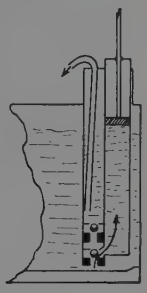


Abb. 183: Schema einer Kolbenrückenspritze (nach Zillig)

Die Kolbenrückenspritze (Abb. 182 u. 183) ist der Membranspritze sehr ähnlich. Die Brühe wird aber hier durch eine Kolbenpumpe angesaugt und in den Windkessel gedrückt. Kolbenpumpe und Windkessel lagen zuerst außerhalb des Brühebehälters. Bei den heutigen Typen sind sie meist innerhalb des

Abb. 180: Membranspritze. (Werkbild: Platz)

Abb. 182: Kolbenrückenspritze. (Werkbild: Platz)

Abb. 184: Niederdruckspritze (selbsttätige Kolbenspritze). (Werkbild: Platz)

Behälters, weil sie so gegen Beschädigungen geschützt werden und bei Undichtwerden des Kolbens keine Brühe verloren geht. Kolbenpumpe und Windkessel können nach Lösen einiger Verschraubungen leicht aus dem Behälter herausgenommen werden. Die in der Pumpe und im Windkessel vorhandenen Ventilkugeln lassen sich dann ebenfalls leicht auswechseln. Störungen können durch Abnutzung des Gummikolbens eintreten. Daher ist bei einigen Konstruktionen die Möglichkeit vorgesehen, den Kolben von außen nachzustellen und ihn so wieder voll an die Zylinderwand anzupressen.

Der Nachteil der Membran- und Kolbenspritzen, daß der Bedienungsmann mit einem Arm ununterbrochen den Pumpenhebel betätigen muß, ist bei der Niederdruckspritze (5 atü), der sogenannten „Selbsttätigen Rückenspritze" (Abb. 184) beseitigt. Als selbsttätig wird diese Spritze bezeichnet, weil ein Pumpen während der Spritzarbeit nicht erforderlich ist. In der Konstruktion ähnelt sie der Spritzkanne. Der nahtlos gezogene Behälter von 10—16 l Flüssigkeitsinhalt wird nach Ausschrauben der Pumpe oder durch eine seitlich im Deckel angebrachte Einfüllöffnung gefüllt. Bei hinreichender Füllung bleibt die Brühe in dem Fülltrichter stehen oder tritt an einer seitlichen, vorher geöffneten Kontrollschraube aus. Nach Einsetzen der Luftpumpe bzw. Schließen des Deckels und der Kontrollschraube wird innerhalb von etwa 2 Minuten so viel Luft eingepreßt, daß das Manometer 5 atü anzeigt. Beim Öffnen des Ventils am Strahlrohr tritt dann die Brühe mit rasch absinkendem Druck aus, weil sich die im Behälter enthaltene Luft entsprechend ausdehnt. Der am Schluß noch vorhandene Überdruck entweicht durch das Strahlrohr oder bei raschem Schließen des Ventils durch die Füllöffnung beim Eingießen der Brühe. Die Luft muß also nach jeder Füllung wieder eingepumpt werden. Tritt während der Arbeit Luft aus, so reicht der Druck oft nicht mehr zum Auspressen der Brühe, so daß die Spritze abgesetzt und Luft nachgepumpt werden muß. Dieser Spritzentyp ist heute im wesentlichen durch die Hochdruckspritzen überholt.

Die Hochdruckspritzen (10 atü) bestehen aus gezogenen zylindrischen Messingbehältern von im allgemeinen 1,3—1,6 mm Wandstärke und 15, 18 oder 20 l Flüssigkeitsinhalt.

Die Konstruktion einer Hochdruckspritze (Abb. 185) ist denkbar einfach. Brühe und Luft werden mit einer gesondert am Behälter befestigten Pumpe (Abb. 186) eingepreßt, so daß der Behälter lediglich den Ventilkorb enthält, der mit 2—3 Vierkantschrauben im eingelöteten Boden befestigt ist. Im Ventilkorb befinden sich 2 Kugeln, eine kleinere aus Gummi zum Verschließen der Eintrittsöffnung

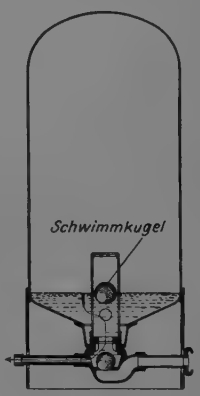


Abb. 185: Schema einer Hochdruckspritze (nach Zillig)

für die Spritzbrühe und eine größere aus einer schwimmfähigen Masse, die sich nach Entleerung der Brühe auf das Austrittsventil legt und ein Entweichen der Luft verhindert. Ein Austreten der Brühe wird durch ein Absperrventil am Strahlrohr oder am Behälterboden ermöglicht. Der Verbindungsschlauch steht also solange unter Druck, als die Spritze Brühe enthält. Da hierdurch die Lebensdauer des Schlauches beeinträchtigt wird und ein Abspringen an den Befestigungsstellen möglich ist, benutzt man zweckmäßig Hochdruckspritzen, bei denen am Ende des Brüheaustrittsrohres ein „Schlauchentlastungshahn" eingebaut ist.

Abb. 186: Hochdruckspritze mit abnehmbarer Pumpe. (Werkbild: Fricke)

Ein Nachteil der Hochdruckspritzen ist die Gefährdung der Arbeiter durch eventuelles Platzen eines Behälters. Nur durch sachgemäße Handhabung und Behandlung der Geräte können Unfälle vermieden werden (siehe „Pflege der Pflanzenschutzgeräte", Abschnitt VI).

Sämtliche Hochdruckspritzen sind heute mit Sicherheitsventilen ausgestattet (siehe „Bauelemente").

Vereinfachte Hochdruckspritzen sind die Batteriespritzen (Abb. 187). Die Spritzen bestehen lediglich noch aus den zylindrischen Behältern mit den entsprechenden Ventilen. Die Pumpe steht nicht mehr mit dem Behälter in Verbindung. Man kann mit einer einzigen Pumpe ganze Serien von diesen rückentragbaren Behältern mit Luft auffüllen, so daß die Bezeichnung „Batteriespritzen" zu Recht gebraucht wird. Eine mittelhohe Form mit 18 l Flüssigkeitsinhalt ist am meisten eingeführt.

Die Brühe muß vor dem Einfüllen gut umgerührt werden. Wenn das Ausspritzen — z. B. bei längerem Anmarschweg — nicht innerhalb der nächsten Viertelstunde erfolgen kann, muß die Brühe durch Schütteln der Spritze auf dem Rücken nochmals aufgewirbelt werden.

Eine alte Ausführung mit einem Zwischenboden, der die eingepreßte Luft zunächst im unteren Teil der Spritze hielt und sie erst beim Spritzen zur Durchmischung der

Abb. 187: Batteriespritze. (Werkbild: Holder)

Brühe durch diese emporsteigen ließ, hat sich wegen des geringen Wirkungsgrades dieses Luftrührwerkes nicht bewährt. Das Gerät konnte sich auch schon wegen des höheren Gewichtes nicht durchsetzen.

Es sind auch Hochdruckspritzen mit eingebauter Füllpumpe konstruiert worden. Im Gegensatz zu den selbsttätigen Spritzen bleibt die bei Beginn der Arbeit eingepreßte Luft erhalten. Da der Druck doppelt so hoch ist als bei den selbsttätigen Spritzen, müssen diese kombinierten Hochdruckspritzen aus stärkerem Material hergestellt sein.

Preßluftspritzen mit „Sparboden" werden heute kaum mehr verwendet. Sie unterscheiden sich von den Batteriespritzen durch das Fehlen des Schwimmerventils, da die eingepreßte Luft bei jeder Entleerung mit ausströmt. Um dies zu verhindern, hat man den Sparboden eingebaut, der den Raum für die Preßluft abgrenzt. Sobald die Brühe ausgetreten ist, kann das weitere Einströmen der Luft in den Brüheraum durch rasches Schließen eines Ventils verhindert werden. Es bleibt also jeweils ein Teil der Preßluft erhalten. Zu ihrem Betrieb benötigt man keinerlei Pumpen. Die Konstruktion der Spritzen ist infolge des Wegfalls des Schwimmerventils denkbar einfach und der Preis niedrig. Nachteile erwachsen aus der Beförderung der schweren Preßluftflaschen, aus der Möglichkeit einer erheblichen Arbeitsstockung bei ungenügender Überwachung des Preßluftvorrats und der Gefährdung der Arbeiter bei mangelnder Aufmerksamkeit während des Füllens. Die Wirtschaftlichkeit wird durch den Preis der Preßluft begrenzt.

Bei den Kohlensäurespritzen (Abb. 188) wird der erforderliche Druck zum Verspritzen der Brühe durch Entwicklung von Kohlensäure erzeugt. Als Druckspender wird feste Kohlensäure verwendet, die bei normaler Temperatur sehr rasch verdampft. Bei Brühen, die durch die Kohlensäure sich nicht ungünstig verändern, kann die feste Kohlensäure unmittelbar in die Flüssigkeit geworfen werden. Durch Lösung von Kohlensäure in der Brühe entstehen jedoch Druckverluste. Zweckmäßig wird die feste Kohlensäure daher in einem eingehängten und dafür präparierten Gummibeutel vergast. Durch Ausdehnung des Gummibeutels in die Form und Größe des Behälters wird die Brühe herausgedrückt. Die feste Kohlensäure kann gewichtsmäßig so variiert werden, daß der Höchstdruck 10 atü beträgt. Die Handhabung dieser Spritze ist also sehr einfach. Die Wirtschaftlichkeit wird durch die Bezugs- und Aufbewahrungsmöglichkeit der festen Kohlensäure bestimmt. Je länger diese bis zum Gebrauch gelagert werden muß, desto größer ist der Verlust durch Verdampfen.

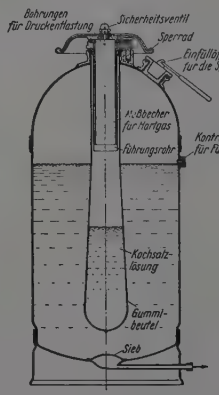


Abb. 188: Schema einer Kohlensäurespritze (nach Zillig)

Bei Sattelspritzen legt man mehrere Hochdruckbehälter in zylindrischer Form nebeneinander auf den Rücken von Pferden, Maultieren oder Eseln und verbindet sie mit Schlauchleitungen.

Auch auf Schlitten hat man Batteriebehälter als „Schlittenspritzen" montiert und sie hauptsächlich im Forst eingesetzt, weil sie besonders auf unwegsamem Gelände benutzt werden können und leichter sind als Motorspritzen mit entsprechend großem Brühebehälter.

Den letztgenannten Spritzentypen kommt heute nur noch geringe Bedeutung zu.

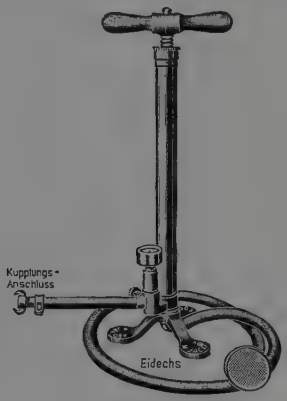


Abb. 189: Kleine Handfüllpumpe
(Werkbild: Jacoby)

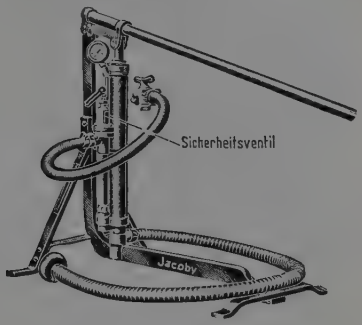


Abb. 190: Hebelfüllpumpe
(Werkbild: Jacoby)

Zum Füllen der Batteriespritzen mit Luft und Brühe sind besondere Füllpumpen (Abb. 189 u. 190) erforderlich. Die kleinste Ausführung kann als Handfüllpumpe seitlich an die Batteriespritze gekuppelt werden. Diese Ausführung kommt in Frage, wenn nur mit ein bis zwei Spritzen gearbeitet wird. Für drei bis fünf Spritzen benutzt man größere einfachwirkende Hebelpumpen. Doppeltwirkende Hebelpumpen für sechs und mehr Spritzen sind heute durch Motorfüllpumpen ersetzt.

Bei den handbetätigten Karrenspritzen (Abb. 191, 192 u. 193) (414) sind der Brühebehälter von 50 bis 150 Liter Inhalt und die Pumpe und der Windkessel auf ein-, zwei oder dreirädrige Fahrgestelle aufgesetzt. Die vorhandenen Modelle unterscheiden sich hauptsächlich in der Art und Anordnung von Behälter, Pumpe und Windkessel. Der Kraftbedarf und die Ge-

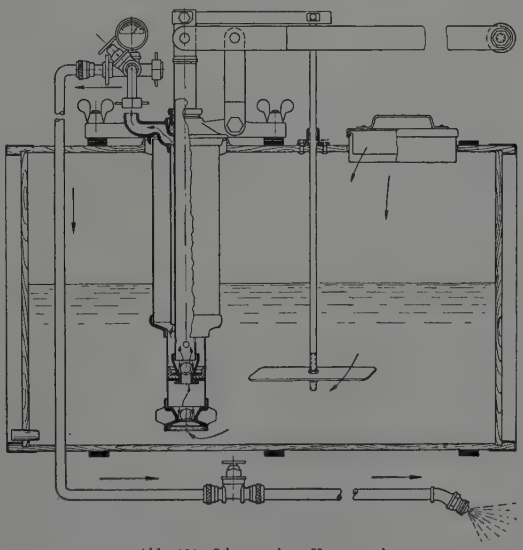


Abb. 191: Schema einer Karrenspritze

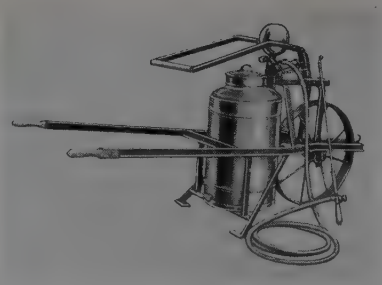


Abb. 192: Einrad-Karrenspritze mit stehendem Behälter. (Werkbild: Platz)

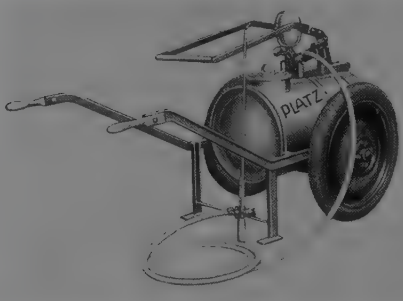


Abb. 193: Zweirad-Karrenspritze mit liegendem Behälter. (Werkbild: Platz)

ländeverhältnisse sind für die Größe des Behälters ausschlaggebend. Die Fortbewegung muß ohne Schwierigkeiten möglich sein. Von 100 Liter an ist ein zweirädriges Fahrgestell mit liegendem Behälter zweckmäßig.

Die bei den Karrenspritzen meistens benutzten Tellerrührwerke sind unvollkommen. Ein in Form und Größe unterschiedlicher Flachteller bewegt sich entweder mit dem Kolben auf und ab oder durch Befestigung an einem drehbaren Hebel auf einem Kreisbogen hin und her. Die Rührwirkung ist also von der Art des Pumpens abhängig und daher ungleichmäßig. Abb. 194 zeigt einige Rührsysteme. In der Skizze a wird der Rührteller mit dem Pumpenhebel ruckartig bewegt, in Skizze b der Teller in gleicher Weise wie der Pumpenkolben auf und ab geführt und in Skizze c die Rührvorrichtung um einen festen Punkt drehbar hin und her bewegt. Skizze d zeigt einen auf und ab gehenden Rührteller, der jedoch nicht fest geführt ist.

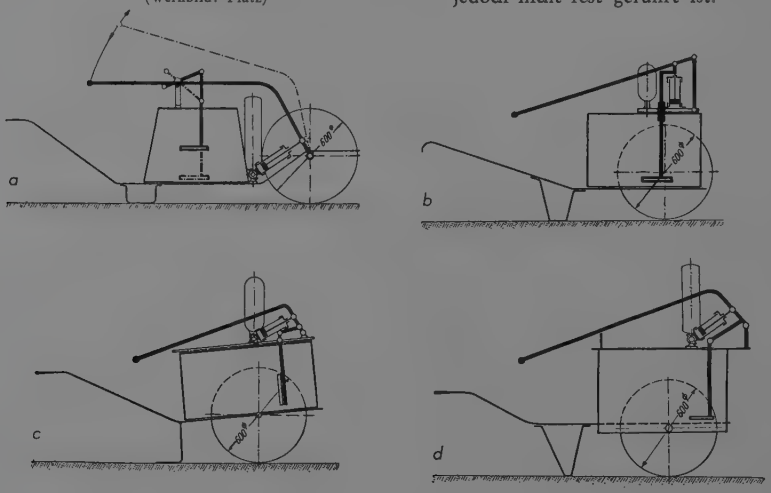


Abb. 194: Skizzen von Teller-Rührsystemen bei Karrenspritzen

Abb. 195: Pferdegezogene Feldspritze. (Werkbild: Holder)

Die Abmessungen der Pumpe werden durch die Leistungsfähigkeit des Bedienungsmannes und durch die geforderte Spritzleistung begrenzt (324). Erfahrungsgemäß hat ein Mann 7—8 mkg/sec Dauerleistung (1/10 PS), die — wenn die Arbeit häufiger unterbrochen werden kann — auf etwa 9—14 mkg/sec gesteigert werden kann. Da bei Karrenspritzen (40 Hübe/min) mit beispielsweise einer Fördermenge von 4 l/min und einem Betriebsdruck von 10 atü schon 6,65 mkg/sec benötigt werden, bleibt für das Rührwerk nicht mehr viel der möglichen Leistung übrig. Pumpenhebel über 75—100 cm Länge sind unbequem in der Handhabung und daher zur Erhöhung der Leistung nicht möglich. Das bedeutet, daß die Hebelkraft bei 8 mkg/sec Dauerleistungsfähigkeit eines Mannes nicht mehr als 12—16 kg betragen darf und sich nur bei häufigen Arbeitsunterbrechungen auf 20—28 kg erhöhen läßt. In diesen Grenzen bewegt sich der Gesamtleistungsbedarf der Karrenspritze (Pumpe, Rührwerk, Widerstände).

Pferdefahrbare Gespannspritzen sind in erster Linie für Pflanzenschutzmaßnahmen im Feldbau gedacht (16, 104, 105, 110, 153, 187, 190, 223, 528).

Die Entwicklung führte von der pferdefahrbaren, handgepumpten Mayfarth-Spritze sehr bald über die Hederichspritzen zu den moderneren Gespannspritzen mit dem Antrieb der Pumpe vom Laufrad her (Abb. 195) (483). Bei den meisten Konstruktionen ist auf beiden Seiten des Behälters je eine Pumpe angeordnet, die jeweils mit dem entsprechenden Laufrad gekoppelt ist, bzw. beide Pumpen haben einen gemeinsamen Antrieb von einem Laufrad her. Es muß in jedem Falle eine gleichmäßige Belastung beider Räder und ein stoßfreies Arbeiten angestrebt werden, wozu zweckmäßige Pumpenkonstruktionen — doppeltwirkende Pumpen, Differentialpumpen (siehe Abschnitt „Bauelemente") — beitragen.

Bei vielen radangetriebenen Modellen wirkt eine exzentrisch auf dem Rad oder der abgekröpften Achse angebrachte Kurbelstange meistens noch über ein Zwischen-

Abb. 196: Radantrieb zweier Pumpen über eine Exzenterstange. (Werkbild: Holder)

gestänge auf die Kolbenstange, so daß der Kolben bei jeder Radumdrehung einmal hin- und hergeht (Abb. 196). Ein Ausrücken während der Fahrt ist in dieser Anordnung meistens nicht möglich. Es gibt aber Lösungen, die auch bei einem Gestängeantrieb das Ausrücken ermöglichen. Bei anderen radangetriebenen Feldspritzen erfolgt die Kraftübertragung durch Zahnräder oder Kettenräder mit Kette. Dieser Antrieb gestattet in jedem Falle ein leichtes Ein- und Ausrücken der Pumpe oder der Pumpen während der Fahrt. Für verschiedene Hektarausbringmengen wird bei den meisten Geräten eine Verstellung des Pumpenhubes durch Verkürzungen oder Verlängerungen im Antriebsgestänge oder an der Exzenterscheibe vorgenommen. Zur Aufrechterhaltung des nötigen Druckes müssen den Änderungen der Förderleistung der Pumpen die Düsenabmessungen angeglichen werden. Es geschieht bei Dralldüsen durch Änderung der Düsenbohrungen (meistens durch Einlegen von Scheiben aus nicht rostendem Stahl mit verschiedenen Bohrungen) (365) und bei Pralldüsen durch Verkleinern oder Vergrößern des Prallplattenabstandes.

Die Pumpen saugen die Brühe aus dem Behälter an und drücken sie durch Windkessel, die genau wie bei der Brettspritze oder der Karrenspritze einen Ausgleich zwischen den einzelnen Kolbenstößen bewirken, in die Spritzleitung. Damit wird gleichzeitig der sofortige Spritzbeginn nach dem Wenden und Anfahren erreicht.

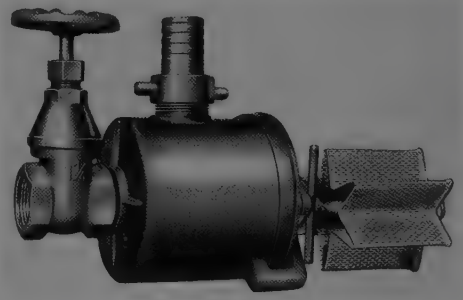


Abb. 197: Filtersieb in Sternform (große Oberfläche). (Werkbild: Fricke)

Zwischen Flüssigkeitsbehälter und Pumpen soll ein gut zugänglicher Filter mit großer Oberfläche eingebaut sein, der alle Verunreinigungen zurückhält, die zu einer Beschädigung der Pumpen und zu einer Verstopfung der Düsen führen können (Abb. 197). Am Windkessel oder in der Druckleitung sind Manometer und Sicherheitsventil angebracht. Das Sicherheitsventil hat auch die Aufgabe, beim Überschreiten eines eingestellten Höchstdruckes einen Teil der Brühe in den Behälter zurückzubefördern, bis wieder der normale Druck erreicht ist. Dieses Überströmventil wurde immer mehr zu einem wichtigen Regelorgan, das bei entsprechender Ausbildung der Querschnitte ein festes Verhältnis zwischen der Düsen- und der Umpumpleistung ermöglicht, so daß ihre Fördermengen gleichzeitig und gleichsinnig vom Pumpendruck beeinflußt werden. Hierdurch wird erreicht, daß die Ausbringmenge je Flächeneinheit weitgehend konstant bleibt. Wenn sich also die Schrittgeschwindigkeit des Zugtieres erhöht, fördert die Pumpe zwar in der Zeiteinheit mehr, der Druck erhöht sich aber ebenso und die Ausbringmenge steigt entsprechend der Düsencharakteristik.

Die Forderung nach konstanter Ausbringmenge je Hektar bei jeder möglichen Geschwindigkeit muß heute an eine Feldspritze gestellt werden. Bei Ausführungen älterer Bauart tritt ein Druckanstieg bei schnellerer Gangart nicht ein, da das Sicherheitsventil einen höheren Druck ausschaltet. Die Spritze überfährt mit konstantem Druck, mit gleicher Ausbringmenge also, in der Zeiteinheit eine größere Strecke, was zu einer Minderausbringung je Flächeneinheit führt. Diese Verhältnisse veranschaulichen die Abbildungen 198 u. 199.

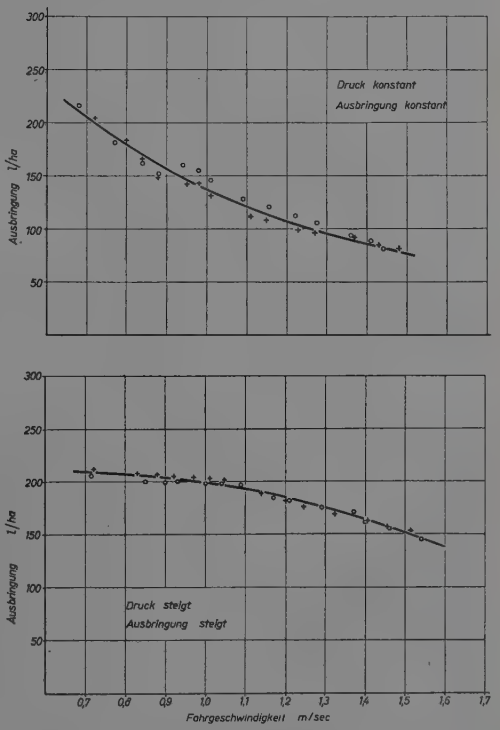


Abb. 198 und 199: Abhängigkeit der Ausbringmenge in l/ha von der Fahrgeschwindigkeit in m/sec bei Feldspritzen (Biologische Bundesanstalt, Braunschweig)

Der Druckanstieg, der also bei der Erzielung einer gleichbleibenden Hektarmenge bei jeder Gang- oder Fahrgeschwindigkeit zugelassen werden muß, hat allerdings seine Grenze, und zwar dann, wenn die zulässige Zugkraft erreicht ist. Die Zugkraft muß so beschaffen sein, daß ein Zugtier ohne Überanstrengung im Dauerbetrieb eine Spritze ziehen kann. Bei Gespannspritzen sind Drücke von 3 bis 8 atü üblich.

Die Arbeitsbreite beträgt 6 bis 8 m. In Ausnahmefällen bei

Abb. 200: Feldspritze in Transportstellung. (Werkbild: Holder)

Ausbringung geringer Flüssigkeitsmengen je Flächeneinheit kommen auch bei Feldspritzen mit Radantrieb Arbeitsbreiten bis zu 10 m vor. Die Spritzbreite ist gekennzeichnet durch die Länge des für Feldspritzen charakteristischen hinten angebrachten waagerechten Rohres, das eine Reihe von vertikal oder horizontal spritzenden Düsen trägt. Je nach Verwendungszweck haben solche Spritzrohre-, -bäume oder -balken verschiedene Formen. Es gibt auch V- und ringförmige Spritzgestänge. Die normalen geraden Spritzrohre weichen beim Betrieb federnd Hindernissen aus und kehren automatisch in die Arbeitsstellung zurück. Sie sind während des Transportes und beim Unterstellen zur Verringerung des Platzbedarfs seitlich einschwenkbar (Abb. 200).

Ein weiterer wichtiger Bestandteil der Feldspritze ist das Rührwerk, von dessen zweckmäßiger Konstruktion die unbedingt notwendige gleichmäßige Konzentration der Brühe abhängig ist (siehe Abschnitt „Bauelemente"). Eine zuverlässige Durchmischung des gesamten Faßinhaltes muß gewährleistet sein.

Eine Spurverstellung (Abb. 201) (z. B. Hohlachse mit einschiebbaren Achsstumpfen) soll leicht und auch auf dem Acker ohne besondere Vorrichtung wie Hebezeuge, Ketten, Flaschenzüge und dgl. vorzunehmen sein. Eine während der Fahrt verstellbare Spurweite macht die Spritze angenehm in der Bedienung.

An einigen Modellen von Feldspritzen sind sogenannte „Krautniederhalter" angebracht (Abb. 202), die den Zweck haben, beim Überfahren der Kulturen das Blattwerk nach vorn zu neigen und zu öffnen und den Spritzstrahl an die unteren Krautteile und an die Unterseite der Blätter zu bringen. Die Stellung eines solchen Krautniederhalters ist regulierbar.

Die Flächenleistung einer Feldspritze ist bestimmt durch die Pumpenleistung, durch die Art der Düsen, durch Fahrgeschwindigkeit und Arbeitsbreite. Die Düsenkonstruktion und der Flüssigkeitsdruck beeinflussen die Art und die Gleichmäßigkeit der Tröpfchengröße und -verteilung. Der Abstand der Düsen — sowohl voneinander als auch von der Spritzebene — für die bestmögliche Verteilung der Flüssigkeit läßt sich bestimmen (300).

Eine Gespannspritze muß sich durch hohe Tagesleistung, durch Leichtzügigkeit, störungsfreie Arbeitsweise und Genauigkeit in der Einhaltung der vorgeschriebenen Spritzmenge auszeichnen und sich den Geländeverhältnissen anpassen. Radangetriebene Feldspritzen lassen sich behelfsmäßig auch als Baumspritzen verwenden (Abb.

203). Die Pumpen werden zu diesem Zweck durch Ausrücken von Schalthebeln oder durch Lösen von Verschraubungen außer Betrieb gesetzt. Durch Anmontieren eines Handpumpenhebels kann dann die Pumpe mit der Hand betätigt werden. Mit Schlauch und Düse oder mit einem Hochstrahlrohr können auf diese Weise Obstbäume gespritzt werden.

Pferdefahrbare Feldspritzen, bei denen die Brühe nicht durch Pumpen, sondern mittels Preßluft aus dem Behälter ausgetrieben wurde, oder bei denen die Zerstäubung der Brühe durch einen am Ende angebrachten rotierenden Teller erfolgte, dem die Brühe aus dem Brühebehälter vermittels eines mit Schwimmerventil versehenen Regulators zufloß, haben sich nicht eingebürgert und haben nur noch historischen Wert.

Abb. 201: Spurstellmöglichkeit bei einer Feldspritze. (Werkbild: Holder)

Die Verwendung des Motors bei Pflanzenschutzspritzen brachte eine weitere Leistungssteigerung. Spritzen mit Motorantrieb sind für den Weinbau schon relativ früh gebaut worden. Zunächst (1912) konstruierte man in Deutschland große Motorfüllpumpen für den Betrieb von etwa 20 Batteriespritzen für einige Staatsweingüter und private Großbetriebe. Diese Geräte kamen für kleinere Betriebe wegen ihres großen Gewichtes und der hohen Anschaffungskosten nicht in Frage. Erst als 1923/1924 leichte Motor-Spritzgeräte zu erschwinglichen Preisen in den Handel kamen, begann die eigentliche Motorisierung in der Schädlingsbekämpfung. Die Motorleistungen waren

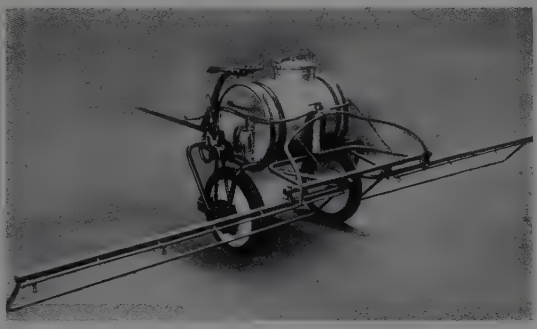


Abb. 202: Feldspritze mit Krautniederhalter. (Werkbild: Mauser)

Abb. 203: Baumspritzeinrichtung an der Feldspritze. (Werkbild: Holder)

zunächst wesentlich höher als für den Druck an der Düse erforderlich war. Erst 1937 wurden Motore geringerer Leistung zum Antrieb von Pumpen herausgebracht, die sich auch bei Motorgeräten bewährten, die für kleinere Betriebe bestimmt waren. Eine große Serie leistungsfähiger Modelle entstand, die zunächst als Einzel-Pumpenaggregate — wobei die Pumpe zusammen mit einem Benzinmotor auf einer Grundplatte montiert war — für die Verwendung als Motorfüllpumpe oder für den Selbstbau einer Spritze gedacht waren (Abb. 204).

Zum Antrieb der Pumpen werden heute hauptsächlich luftgekühlte schnellaufende Zweitaktmotore verwendet. Der Zweitaktmotor ist ständig verbessert worden, so daß der geringere Treibstoffverbrauch des Viertaktmotors gegenüber dem Zweitaktmotor kaum mehr ins Gewicht fällt. Außerdem benötigt der Viertaktmotor zusätzliche Einrichtungen, wie Ventile, Nockenwelle usw., die neben einem höheren Gewicht auch zusätzliche Reparaturkosten verursachen.

Für die Wirtschaftlichkeit der Kleinstkraftmaschinen — wie sie in der Hauptsache bei motorisierten Schädlingsbekämpfungsgeräten benötigt werden — ist die Belastung durch die Unkosten für das Treibmittel von entscheidender Bedeutung. Deshalb bemüht sich die einschlägige Industrie seit Jahren, auch den Dieselmotor als Antriebsmaschine zu entwickeln und einzuführen (519). Die Anschaffungskosten des Dieselmotors sind zwar etwa doppelt so hoch wie die des Ottomotors, außerdem liegt die Reparaturquote des Diesels höher, dafür sind aber die Betriebskosten wesentlich niedriger. Zur Auswahl stehen heute Viertakt- und Zweitakt-Dieselmotoren; beide Motorgattungen haben ihre speziellen Vorteile. Vom rein technischen Standpunkt aus gesehen, ist der Zweitakt-Motor einfacher als der Viertakt-Motor, da die Zahl seiner bewegten und hoch beanspruchten Teile weitaus geringer ist. Nach dem augenblicklichen Stand der Technik scheint es bis jetzt nicht möglich zu sein, einen einwandfrei und betriebssicher arbeitenden Dieselmotor zu bauen, dessen Zylinderhubvolumen unter 500 ccm liegt. Vor allem gibt es in dieser Größenklasse keine Zweitaktmotoren einfachster Bauart mit Kurbelkastenspülung und reiner Schlitzsteuerung, einer Bauart, die allein die Herstellung einer leichten und billigen

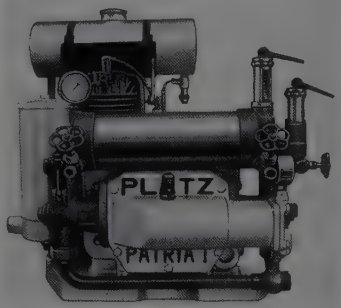


Abb. 204: Motorfüllpumpe. (Werkbild: Platz)

Kleinst - Dieselmaschine ermöglichen würde. Die wirklich guten Kleinst-Dieselmaschinen in Einzylinderbauart — meist Viertaktmotoren — halten einen Gewichts- und Größenvergleich mit dem Vergasermotor für leichten Kraftstoff gleicher Leistung auch nicht annähernd aus.

Der Landwirt benötigt für die meisten Zwecke eine leichte, auch in der Anschaffung billige Maschine. Dieser Forderung entspricht aus den behandelten Gründen am meisten der Zweitakt-Vergasermotor, obwohl er einen höheren Kraftstoff- und Schmiermittelverbrauch hat.

Die kleineren leistungsfähigen Zweitakt-Vergasermotoren, die von der Pflanzenschutzgeräte-Industrie heute viel für den Antrieb ihrer Pumpen verwendet werden, haben einen Hubraum von 50 bis 250 ccm mit 1,5 bis 6 PS Dauerleistung und einen Brennstoffverbrauch von 0,6 bis 1,6 l/h. Die wirtschaftlichen Drehzahlen an der Antriebswelle liegen bei 2000 bis 4000 U/min. Die Motoren zeichnen sich durch gedrungene Bauart und leichtes Gewicht aus. Die Drehrichtung ist entweder rechts oder links. Die Motoren werden mit einfachem oder doppeltem Untersetzungsgetriebe geliefert, um sie allen Erfordernissen anpassen zu können. Die Antriebswelle ist ausgerüstet mit einer Riemenscheibe oder einer Keilriemenscheibe, einem Kupplungsflansch oder einer Fliehkraftkupplung.

Abb. 205: Pferdefahrbare Motorfeldspritze. (Werkbild: Platz)

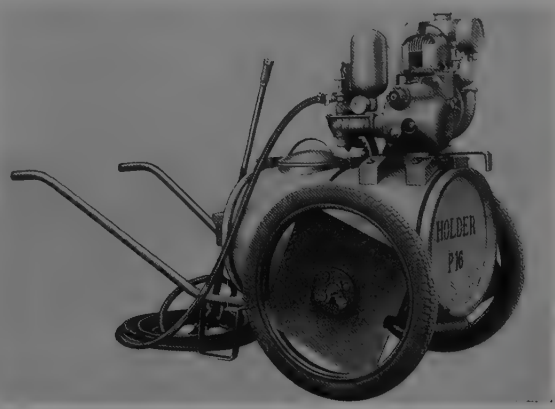


Abb. 206: Handfahrbare Klein-Motorspritze auf Zweirad-Fahrgestell (nach Gallwitz)

Im Zuge der Motorisierung entstanden aus der handbetätigten Karrenspritze und der radangetriebenen Gespannspritze für den Obstbau die Karrenspritze mit Motorantrieb und für Feld- und Obstbau die pferdefahrbare Motorspritze (Abb. 205). Die Motorgespannspritze erfordert sehr viel weniger Zugkraft als die Gespannspritze mit radangetriebenen Pumpen. Beim Einsatz im Obstbau können mit der Motorspritze Drücke von 40 atü und höher erreicht werden.

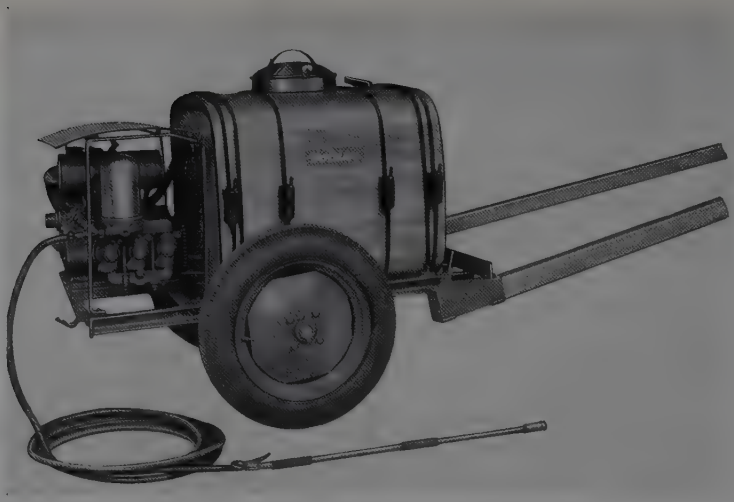


Abb. 207: Pferdefahrbare Motorbaumspritze. (Werkbild: Holder)

Die motorgetriebenen Pumpen haben zunächst ihre wichtigste Bedeutung als Motor-Baumspritzen für die Schädlingsbekämpfung im Obstbau (10, 32, 45, 112, 237, 291, 310, 341, 368, 418, 475, 560, 575) und auf meist schmalerem Fahrgestell auch im Wein- und Hopfenbau erlangt (11, 72, 340, 425, 426, 557, 560, 605, 606, 632). Die meisten Modelle können auch als Motorfüllpumpen eingesetzt werden.

Die Motorpumpen wurden auf hand- oder pferdegezogene Karren oder auf vierräderige Fuhrwerke in Verbindung mit Brühefaß und Spritzeinrichtung montiert oder als zweckmäßige Spezialaggregate von der handfahrbaren Kleinmotorspritze auf Zweirad-Fahrgestell und der pferdefahrbaren Motorbaumspritze, Motorhopfenspritze oder Weinbau-Motorspritze mit Holz- oder Messingbehälter, mit Eisenrädern oder mit gummibereiften profilierten Rädern und mit mechanischen oder hydraulischen Rührwerken bis zur selbstfahrenden Motorspritze für alle Kulturarten konstruiert (Abb. 206 u. 207).

Die amerikanischen pferdefahrbaren Motorspritzen zeigen in Anpassung an die dortigen Betriebsverhältnisse größere Abmessungen bei Motorstärken von 4 bis 40 PS. Die Brühebehälter von 500 bis 1000 Liter Inhalt haben meistens die Form eines Halbzylinders. Der entstandene Podest — u. U. noch mit Aufstockung oder in die Höhe ausfahrbarer Plattform — wird häufig als erhöhter Standpunkt für den Spritzer ausgenutzt. Selbstfahrende Motorspritzen werden in den Vereinigten Staaten in großem Umfang verwendet (10).

Die Motorpumpen in Verbindung mit Hochdruckschläuchen, die etwa vom Jahre 1927 an als Gummischläuche mit Hanfeinlagen für Drücke bis zunächst 30 atü zu erschwinglichen Preisen in den Handel kamen (siehe Abschnitt „Bauelemente"), er-

öffneten insbesondere eine neue Spritztechnik im Weinbau. Das Schlauchspritzen war und ist eine Ausnutzungsmöglichkeit der Motorpumpen, das damals einen umwälzenden Fortschritt bedeutete (145, 335).

Von den Schlauchspritzverfahren werden die Bergfüllanlagen im deutschen Weinbau etwa vom Jahre 1928 an benutzt. Sie ersparen das mühsame Hochschleppen der Brühe an steilen Berghängen. Eine Bergfüllanlage besteht aus einer Motorfüllpumpe, die an der günstigsten Anfuhrstelle für die Spritzbrühe, meist also am Fuß des Berges, aufgestellt wird. Die aus dem Behälter angesaugte Brühe wird durch den bis zu 200 m langen, aus Teilstücken von etwa 30 m Länge zusammengekuppelten Druckschlauch bis zu 100 m senkrechter Überhöhung emporgedrückt und dort unmittelbar noch mit 8 atü Überdruck in die Batteriespritzen gefüllt. Wenn Kolbenpumpen verwendet werden, so kann der Höhenunterschied etwa 150 m betragen, da die Spritzbrühe dann am oberen Ende des Schlauches ohne Überdruck ausfließen kann.

Wo es die Wege gestatten, kann die Motorfüllpumpe auch oben oder mitten im Weinberg aufgestellt werden, so daß sich der erforderliche Kraftaufwand und damit die Einstellung des Höchstdruckes entsprechend vermindern. Auch horizontal verlegte Schlauchleitungen lassen sich in gleicher Weise zum Füllen von Batteriespritzen verwenden. Der Schlauch wird nach Beendigung der Arbeit auf einer Haspel aufgerollt.

Abb. 208: Schlauchspritzen mit Verteilergerüst (nach Gallwitz)

Beim Schlauchspritzen mit Verteilungsgerüst wird die Brühe nicht mehr mit Spritzgeräten, sondern unmittelbar vom Schlauch aus auf die Reben gebracht (Abb. 208). Der Zuführungsschlauch wird auf einem quer zu den Rebzeilen verschiebbaren Gerüst befestigt, von dem in jede Zeile Verteilungsschläuche mit Strahlrohren herabhängen. Die Motorpumpe wird meist oben angesetzt und der Zuführungsschlauch mit einer Seilwinde auf- oder abgerollt. Das Auf- und Abrollen des Schlauches kann während der Spritzarbeit unter Druck geschehen, so daß nur soviel Schlauch abgerollt zu werden braucht, wie für den jeweiligen Zweck erforderlich ist. Der Schlauch wird dadurch sehr geschont.

Nachdem am Gerüst an beiden Enden Räder zum Fortbewegen befestigt waren, ging man bald dazu über, das Verteilungsgerüst von Arbeitern tragen zu lassen. Auch die an den Verteilungsschläuchen hängenden Strahlrohre werden in jeder Zeile von einem Arbeiter bedient, der den Spritzstrahl so in der bei jedem Rebstock erforderlichen Weise lenken kann.

Das Verteilungsgerüst besteht aus Rohren, die jeweils drei Rebzeilen überbrücken. Nur der Arbeiter in der mittleren Zeile trägt dieses Teilgerüst an einem tornisterartigen Gestell. Der Arbeiter ist nicht stärker belastet als beim Tragen einer leeren Rückenspritze. Ein senkrechtes Zuführungsrohr kann in dem Gestell je nach der Höhe der Rebstöcke verschoben werden. Die beiden in der ersten und dritten Zeile gehenden Arbeiter führen nur die Strahlrohre und wechseln nach Bedarf mit dem in der Mitte gehenden Arbeiter ab.

Bis zu drei Teilgerüste lassen sich bequem durch den Zuführungsschlauch verbinden. So kann mit 3, 6 oder 9 Spritzern gleichzeitig die entsprechende Anzahl von Rebzeilen behandelt werden.

Das Schlauchspritzen mit Verteilungsgerüst bewährt sich bei Flächen von wenigstens 1/4 ha. Die Anwendung kann nur in geraden oder nahezu geraden Rebzeilen und auf Flächen erfolgen, die nicht durch Mauern oder andere Hindernisse unterbrochen sind.

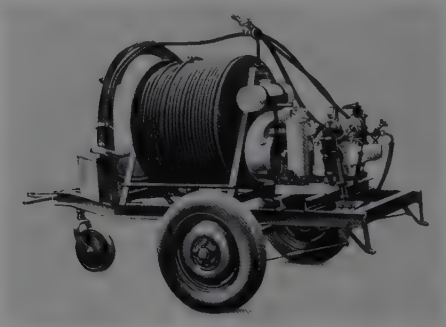


Abb. 209: Schlauchspritzeinrichtung. (Werkbild: Platz)

Beim unmittelbaren Schlauchspritzen (Abb. 209) wird ebenfalls wieder das Tragen der Brühe erspart. Erforderlich sind eine Füllpumpe, ein Zuführungsschlauch und Verteilungsschläuche. Durch den Wegfall des starren Gerüstes kann das unmittelbare Schlauchspritzen auch in parzellierten und von Mauern durchzogenen Weinbergen angewendet werden.

Der Durchmesser des Zuführungsschlauches richtet sich nach der Länge und der Anzahl der Abzweigschläuche. Mit Hilfe eines Kreuzstückes werden 2 bis 4 Abzweigschläuche verwendet. Die Kupplung der Schläuche mit Bajonettverschlüssen erfordert nur einen Handgriff. Am Ende der Abzweigschläuche werden Strahlrohre befestigt. Eine zweckmäßige Absperrvorrichtung sorgt dafür, daß eine augenblickliche Unterbrechung des Spritzstrahles beim Übergang von einer Rebe zur anderen möglich ist. Für jede Abzweigleitung ist ein Spritzer, für die Bedienung der Pumpe und die Verschiebung des Zuführungsschlauches eine weitere Arbeitskraft erforderlich. Neben Motorfüllpumpen werden dort, wo man mit einer bis höchstens zwei Abzweigleitungen auskommt, auch Handfüllpumpen verwendet. Auch Karrenspritzen lassen sich zum unmittelbaren Bespritzen von Reben und anderen Pflanzen benutzen. In ebenem und sonst geeignetem Gelände kann man damit zwischen den Reben hindurchfahren und mit kurzen Schlauchleitungen auskommen. Dies ist aber nur vorteilhaft, wenn die Brühe in unmittelbarer Nähe hergestellt werden kann (Deutschl.: 601, 602, 604; Schweiz: 245, 247, 250).

Daher soll an dieser Stelle kurz auf Geräte und Anlagen hingewiesen werden, die speziell nur zur Herstellung und Aufbewahrung von Spritzbrühe dienen. Neben

Abb. 210: Spritzbrühemischanlage

kleineren Mischapparaten zum Anteigen und Verdünnen pulverförmiger Pflanzenschutzmittel entstanden bewegliche und ortsfeste Spritzbrüheanlagen aus zunächst offenen und dann geschlossenen Holz- oder Betonbehältern. Die geschlossenen Behälter wurden bald vorgezogen, weil sie eine Verunreinigung der Brühe und ein Umherspritzen beim Ansetzen und Aufrühren unmöglich machen (Abb. 210).

Bei größeren Anlagen zur gemeinsamen Herstellung von Spritzbrühe im Weinbau ist eine mechanische Rührvorrichtung im Mischbehälter wichtig. Vielfach werden Spritzbrüheanlagen auch nur als Vorratsbehälter verwendet und die Brühe dafür zunächst in einem Spezialmischgerät hergestellt. Es gibt sogar Rohrleitungssysteme, in denen die Brühe von einem zentralen Herstellungsort aus den im Gelände verteilten Behältern mit natürlichem Gefälle zufließt. Unter Druck stehende Rohrnetze für diesen Zweck sind nur in Einzelfällen wirtschaftlich. In den meisten Fällen ist es am zweckmäßigsten, bei gemeinsamen Anlagen mehrere kleine Spritzbrüheanlagen im Gelände zu verteilen als große Anlagen innerhalb der Orte zu errichten. Sie sollen nahe am Verwendungsplatz der Spritzbrühe stehen. Man kann die Kulturen unter Zuhilfenahme von Motorpumpen und Schlauchleitungen oder auch mit rückentragbaren Spritzen unmittelbar von der Anlage aus behandeln. Die richtige Herstellung der Brühe muß in allen Fällen gesichert sein.

Der große Arbeits- und Kostenaufwand, der gerade dem Weinbau bei der qualifizierten Weinerzeugung vor allem bei dem in Deutschland oft stark hängigen Gelände erwächst, führte auch zu Versuchen, die technischen Mittel für die künstliche Beregnung, vor allem die weittragenden „Regenkanonen", für die Verwendung in der Schädlingsbekämpfung zu erproben, um durch größtmögliche Flächenleistungen die Pflanzenschutzmaßnahmen zu verbilligen und zu beschleunigen (441).

Abb. 211: Regenkanone auf Unimog. (Werkbild: Mannesmann)

Die Regenkanone ist ein Aufbauaggregat, das am zweckgünstigsten auf einen leistungsstarken Geräteträger montiert wird (Abb. 211). Eine Regenkanone arbeitet im Gegensatz zu den sonstigen Regnertypen nicht ununterbrochen, sondern stößt eine gewisse Flüssigkeitsmenge in Zeitabständen, die regelbar sind, in weitem Wurf aus. Sie arbeitet auf Grund des sich ständig wiederholenden Wechsels der Druckdifferenz zwischen Druckwasserspeichern, zwischen einem Hauptkessel und einem Hilfskessel. Das zufließende Wasser drückt ein Luftpolster zusammen, das bei einem Überdruck von 1—1,5 atü im Hauptkessel gegenüber dem Hilfskessel mittels eines Steuerorgans bestimmte Wassermengen herausschießt, die gleiche Wassermenge, die in gleicher Zeitspanne nachgeliefert wird. Das Steuerorgan bestimmt dann automatisch die Wasserabgabe solange, bis das zufließende Wasser erneut über 1—1,5 atü über den Druck des Hilfskessels ansteigt und nach einer bestimmten Zeit einen erneuten Schuß entläßt. Die Flüssigkeit zerteilt sich dabei weitgehend. In mehreren Würfen, die nebeneinander gelegt werden, lassen sich in kürzester Zeit große Flächen bespritzen. Die Versuche hatten bisher recht ermutigende Ergebnisse (Abb. 212).

Abb. 212: Regenkanone im Pflanzenschutzeinsatz. (Werkbild: Mannesmann)

Nach dem zweiten Weltkriege kam in der Pflanzenschutztechnik eine neue Tendenz auf. Nachdem bisher die selbstfahrende Motorspritze als Krönung der Technisierung der Pflanzenschutzmaßnahmen anzusehen war, sollte jetzt wieder der Motor eingespart werden. Man setzte voraus, daß in den landwirtschaftlichen Betrieben bereits eine motorische Antriebskraft, der Schlepper oder auch später der Geräteträger (402), vorhanden war. Die Pflanzenschutzgeräte ließen sich nun als Aufbau- oder Anhängegeräte bauen und einsetzen (Abb. 213, 214 u. 215). Diese Konstruktionen kamen der Forderung nach Einsparung von Arbeitskräften ohne Leistungsverminderung entgegen. Im Feldbau waren sogar größere Spritzbreiten in Verbindung mit höheren Fahrgeschwindigkeiten möglich. Auch im Obst- und Hopfenbau gestaltete sich der Einsatz der Spritzen noch wirtschaftlicher.

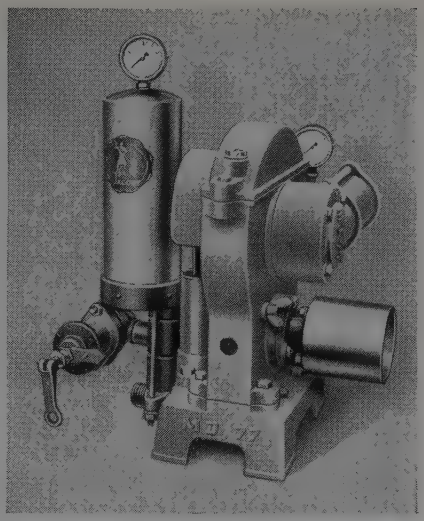


Abb. 213: Anbaupumpe für Riemenantrieb. (Werkbild: Jacoby)

Das Zusammenwirken vom eigentlichen Pflanzenschutzgerät und einem gerätfremden motorischen Antrieb begann als Aufbaugerät bei den Fräsen und Einachsschleppern (Abb. 216), die heute in moderner Ausführung noch immer sehr nützliche Schädlingsbekämpfungsgeräte sind.

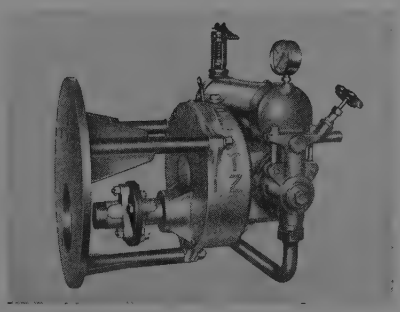


Abb. 214: Anbauspritze mit Spezial-Anbauflansch und Antriebskupplungsstück für direkten Anschluß an Zapfwelle. (Werkbild: Platz)

Der in einer Hackfräse vorhandene Zweitaktmotor (3 PS) treibt z. B. die Hauptsache für das Fahrwerk und für das Anbau-Pflanzenschutzgerät an. Für den Antrieb der Pumpe ist eine Untersetzungsstufe zwischengeschaltet. Der Anbau der Pumpe erfolgt entweder an der Fräswelle, so daß der Anschluß wie bei der Auswechselung der Fräswerkzeuge vorgenommen wird oder der gesamte Frässchwanz wird abgeschraubt und an seiner Stelle die Pumpe angesetzt. Die Antriebswelle wird durch Klauenkupplung angeschlossen. Die Bauarten sind so ausgebildet, daß das Eindringen von Staub und Schmutz in die Getriebeteile vermieden wird.

Bei größeren Schlepperspritzen mit Zapfwellenantrieb waren Schlepper- und Geräteleistungen anfangs wenig aufeinander abgestimmt. Die Drehzahlen der angebauten Kolbenpumpen lagen vielfach zu hoch. Dadurch ergaben sich schlechte

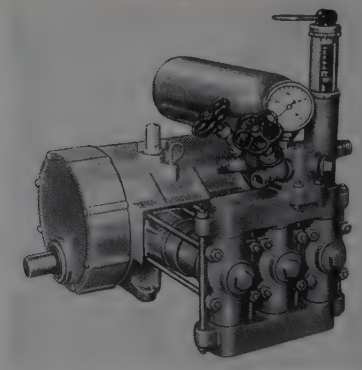


Abb. 215: Dreikolben-Anbaupumpe für Zapfwellenantrieb. (Werkbild: Platz)

Wirkungsgrade und zu hoher Verschleiß. Erst nach und nach wurden diese Belange richtig berücksichtigt.

Die Konstruktionen der An- und Aufbaugeräte sehen den direkten Anbau der Pumpe (Abb. 217), des Brühebehälters und bei Feldgeräten zusätzlich des Düsengestänges an den Schlepper bzw. auf den Geräteträger vor. Das Düsengestänge ist wie bei fast allen anderen Auslegerohrkonstruktionen ein- und ausschwenkbar und in der Höhe verstellbar.

Bei einem Schleppergerät muß man im Feldbau in Abhängigkeit von Parzellierung und Geländeverhältnissen eine Mindestarbeitsbreite von 10 m verlangen. Größere Breiten als 10 bis 12 m lassen sich mit freitragenden Düsenrohren wegen der starken Schwankungen an den Rohrenden nicht mehr einwandfrei beherrschen.

Noch größere Spritzgestänge sind natürlich konstruktiv möglich und praktisch einsetzbar, und es sind auch bereits Versuche mit Arbeitsbreiten von 20 m durchgeführt worden (190). Die schwere Bauart und auch die Flächenleistung (nur 25 bis 40 % höher als bei gleichen Geräten mit nur 10 m Arbeitsbreite) stehen aber in keinem rechten Verhältnis zum erzielbaren Gewinn. Ein Vorteil größerer Arbeitsbreite ist die schonende Behandlung der Kultur, da das Durchfahren nur in Abständen von 20 m erforderlich ist.

Zum Füllen der Behälter motorisierter Spritzen gehört ein Injektor mit einer Leistung von möglichst 100 l/min und mehr (Abb. 218), wenn man nicht sogar eine leistungsfähige Kreiselpumpe für diesen Zweck einsetzen will.

Schnellkupplungen an allen Leitungen sind nötig, ebenso Vorrichtungen zum Transport der Mittel und geeignete Mischer. Das Verhältnis von Nutzarbeitszeit zu Gesamtarbeitszeit muß sich möglichst dem Wert 1 nähern.

Für die Pflanzenschutzmaßnahmen sind die Getriebe-Zapfwelle oder die Motor-Zapfwelle vorteilhaft, die beide von der Drehzahl des Motors abhängig sind, nicht vom jeweils eingeschalteten Getriebegang. Sie laufen in jedem Schaltgang bei gleicher Motordrehzahl mit konstanter Umdrehung. Während die Getriebe-Zapfwelle still steht, wenn der Motor ausgekuppelt wird, dreht sich die Motor-Zapfwelle auch dann, wenn die Fahrkupplung ausgerückt ist. Weniger erwünscht ist die Weg-Zapfwelle, die ihre Drehzahl mit dem eingeschalteten Getriebegang än-

Abb. 216: Spritzeinrichtung auf Agria-Universalgerät (5 PS) (Werkbild: Agria-Werk)

dert (474, 636). Bei Stillstand des Schleppers müssen die Düsen durch Ventile abstellbar sein. Die Ventile müssen momentan wirken und sowohl beide Düsenarme gleichzeitig als auch unabhängig voneinander betätigen.

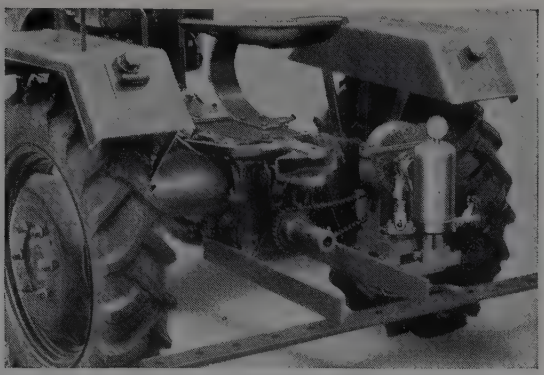


Abb. 217: Montage einer Anbaupumpe unmittelbar auf den Schlepper (Werkbild: Platz)

In neuester Zeit wurde die Konstruktionsarbeit im Schlepperbau darauf abgestellt, Zusatzgeräte schnellstens anbauen zu können. Der Forderung nach kürzeren Rüstzeiten und einfachen Anbaumöglichkeiten wurde durch eine genormte Dreipunktaufhängemöglichkeit sowohl beim Schlepper als auch beim Geräteträger Rechnung getragen. Die Pflanzenschutzgeräteindustrie hat sich dieser Entwicklung angepaßt und konstruktiv gute Lösungen für entsprechende Schlepperanbaugeräte gefunden. Abb. 219 zeigt eine Aufsattelspritze mit Dreipunktaufhängung. Das Gerät ist leicht an- und abmontierbar und kann auf ausschiebbaren Beinen stets einsatzbereit abgestellt werden (siehe skizzierte Stellung des Aggregates in Abb. 219).

Abb. 218: Injektor zum Füllen von Motorspritzen

Auf den Normalschleppern lassen sich kaum Behälter, die mehr als 300 Liter fassen, unterbringen. Die Geräteträger (Abb. 220, 221 u. 222), die in vielen Bauformen vorhanden sind — mit oft hinten liegendem Motor und Sitz für den Bedienungsmann — können meistens höher belastet werden (201 a, 204, 402).

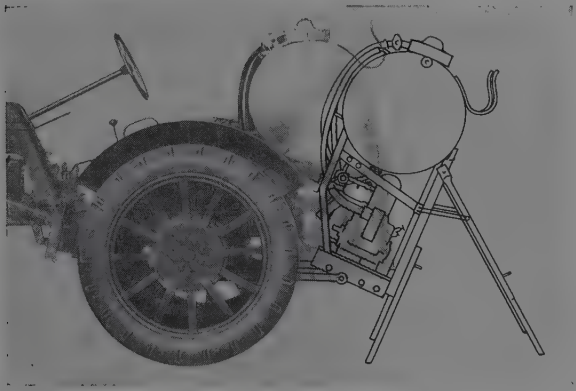


Abb. 219: Aufsattelspritze mit Dreipunktaufhängung. (Werkbild: Mauser)

Man findet neben den meist üblichen Anbauspritzen mit Faß und Pumpe (Abb. 223) auch Konstruktionen mit Faß und Kompressor, bei denen das Prinzip des Druckkessels angewendet ist, im Gegensatz zu den pferdefahrbaren Sprit-

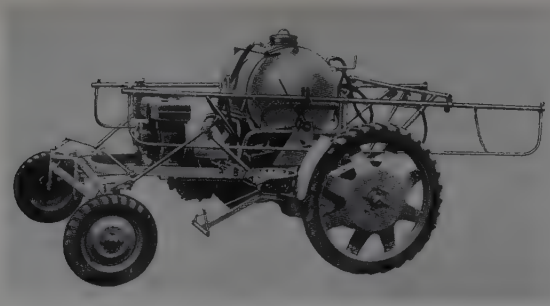


Abb. 220: Aufbauspritze auf Schmotzer-Kombi. (Werkbild: Mauser)

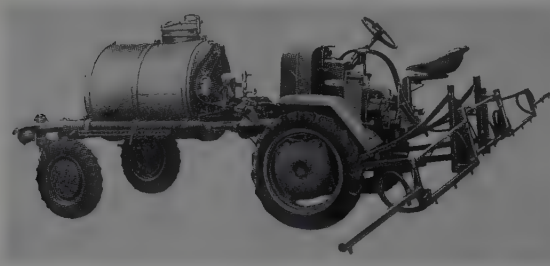


Abb. 221: Aufbauspritze auf Lanz-Alldog. (Werkbild: Mauser)

zen, wo der Druckkessel sich nicht einbürgern konnte. Der Motorantrieb ermöglicht eine größere Leistung, und bei der Zugkraft des Schleppers spielt das durch den verstärkten Kessel bedingte höhere Gewicht nicht die ausschlaggebende Rolle. Die Flüssigkeit im Behälter wird durch einen Kompressor unter Druck gesetzt. Die geförderte Druckluft durchwirbelt von unten her die Spritzbrühe. Die über der Brühe komprimierte Luft drückt die Flüssigkeit unter konstantem Druck durch die Verteilerdüsen. Ein Rückschlagventil ver-

Abb. 222: Spritzeinrichtung auf Unimog. (Werkbild: Fricke)

hindert ein Rückströmen der Flüssigkeit in den Luftkompressor. Der Behälter muß außerdem mit einem Überdruckventil ausgerüstet sein.

Die Druckkessel-Spritzen eignen sich in der Hauptsache für den Feldbau. An dem starkwandigen Behälter ist die Spritzrohrhalterung befestigt. Zum Behandeln von Obstbäumen reicht der Druck nicht in allen Fällen aus.

Abb. 223: Spritzeinrichtung auf Allgaier-Dieselschlepper montiert (große Brühebehälter auf beiden Seiten des Schleppers). (Werkbild: Jacoby)

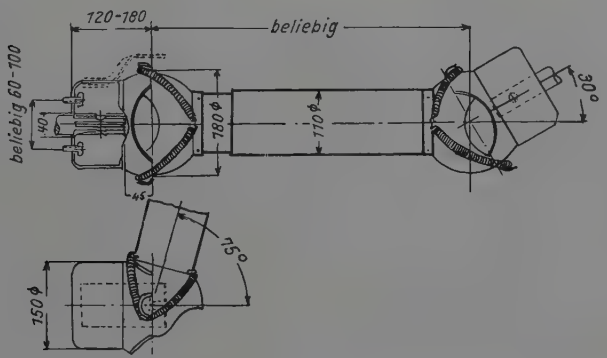


Abb. 224: Zapfwellenschutz. (Werkbild: Walterscheid)

Die Spritzen zeichnen sich durch geringen Verschleiß aus, da es keine Kolben-, Kreisel- oder Zahnradpumpen gibt, die mit der Flüssigkeit in Verbindung kommen.

Noch weitgehendere Konstruktionsmöglichkeiten boten und bieten die Schlepper-Anhängegeräte (4, 6, 8, 88, 157, 261, 295, 360, 364, 367, 472, 544, 624). Hier lassen sich konstruktiv noch besser die Erfordernisse berücksichtigen, die an Hochleistungs-Bodengeräte in Abhängigkeit von den Kulturen und von

den Betriebsverhältnissen gestellt werden müssen. Der Antrieb geschieht in jedem Falle von der Zapfwelle des Treckers aus über eine unfallgeschützte Teleskop-Gelenkwelle (Abb. 224). Zur weiteren Verbindung zwischen Schlepper und Pflanzenschutzgerät sind zweckmäßig konstruierte Zuggabeln vorhanden. Zwei Stellungen a und b einer Zuggabel in Abb. 225 zeigen, wie beispielsweise diese Zuggabel verstellt werden kann. Wo das Kupplungsmaul am Trecker auch sitzen mag, die Anbringung der Gelenkwelle wird bei den verschiedenen Treckertypen nicht mehr behindert und macht keine Schwierigkeiten.

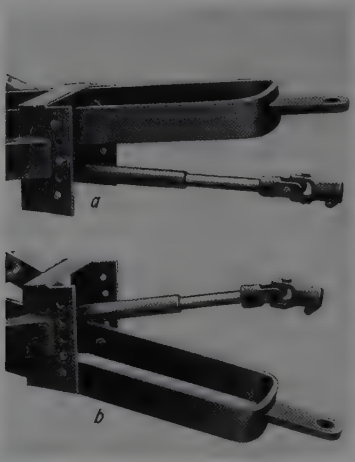


Abb. 225: Verstellbare Zuggabel. (Werkbild: Mauser)

Abb. 226: Zapfwellenanhängerspritze (Pumpenverkleidung abgenommen). (Werkbild: Platz)

In ihrem weiteren Aufbau sind die Anhängemaschinen entweder für überwiegenden Feldbaueinsatz oder für überwiegenden Obstbaueinsatz (Abb. 226, 227 u. 228) ausgerüstet. Einmal ist also mehr Wert gelegt worden auf größere Bodenfreiheit durch höhere Räder — hochbeinige Schlepper für hohe Pflanzen ermöglichen hier ein günstiges Zusammenspiel zwischen Spritze und Schlepper —, auf feste Montage eines Spritzrohres für große Arbeitsbreite in starker Ausführung und Verstrebung mit der erforderlichen Höhenverstellbarkeit, u. U. auf anschraubbare Rahmen zum Anbringen eines Feldspritzrohres, zum anderen für Busch- und Spindelobstanlagen auf Schmalspur- und auf niedere Räder, die noch mit einer stromlinienartigen Verkleidung umgeben sein können, um Beschädigungen an Bäumen und Früchten zu verhindern. Oft sind mehrere Anschlüsse vorhanden, um möglichst gleichzeitig mit mehreren Schlauchleitungen spritzen zu können.

Auf beste technische Ausreifung der Konstruktion in Verbindung mit geeignetem Material und auf trotzdem einfachste Bauart muß ausschlaggebender Wert gelegt werden: also zweckmäßige Gesamtanordnung, bequeme Bedienungsmöglichkeit (weitgehend vom Fahrersitz aus), Selbstschmierung, Verwendung von Kugel- und Rollenlagern, Oberflächenvergütung von Verschleißteilen und Berücksichtigung anderer neuzeitlicher Herstellungsverfahren und -gesichtspunkte.

Die Montage des Spritzgerätes am Schlepper darf in keinem Falle umständlich sein, damit der Schlepper nicht nur für Spritzarbeiten festgelegt ist und für andere Arbeiten in der Hauptspritzzeit ausfällt. Die Anhängebauart läßt die erwünschte

einfache Trennung des Spritzgerätes vom Schlepper zu, so daß der Schlepper während der Spritzzeit auch für andere Arbeiten stets schnell verfügbar bleibt.

Bei den amerikanischen Feldbau-Spritzen mit Schlepperzug erscheint es verwunderlich, daß bei der Spritze häufig nicht auf den eigenen Motor verzichtet wird, obgleich die Motorzapfwelle zur Verfügung steht. Hier war wohl die Entwicklung zur Zapfwellenspritze wegen der niedrigen Benzinpreise nicht so vordringlich. Im Obstbau dagegen ist in erster Linie das Streben nach möglichst vollautomatischer Spritzung bemerkenswert.

Abb. 227: Anhängegerät für den Obstbau. Das Gerät ist neben einem Spritzbogen an der Rückseite mit einem ausziehbaren und schwenkbaren Arm ausgerüstet, an dessen oberem Ende noch mehrere verstellbare Doppeldüsen angeordnet sind; so ist im Spritzbereich jede Stellung vom Boden bis zur Baumhöhe erreichbar (Werkbild: Mauser)

b) Sprühverfahren

Die Forderung nach Ersparnis von Arbeitszeit und Kosten durch Herabsetzen der Spritzbrühemengen (129, 188, 265, 266, 267, 464, 465, 579), die in der Hauptsache den Trägerstoff Wasser enthalten, führte zur Entwicklung der Sprühtechnik. Man ging von der Erkenntnis aus, daß der Belag zum Schutze der Pflanzenteile in vielen Fällen — oft sogar besser — auch durch kleinste Tröpfchen bewirkt werden kann, und daß beim Zerlegen eines größeren Tropfens in viele kleine Tröpfchen eine erheblich größere wirksame Oberfläche mit weniger Brüheaufwand erreicht wird (22, 46, 115, 121, 129, 270, 298, 302, 306, 332, 411, 458, 459, 460, 490, 491, 493, 494, 545, 589).

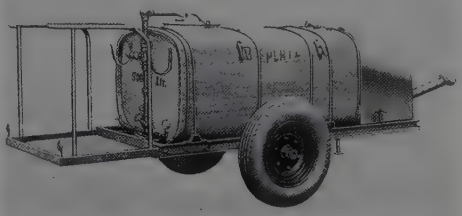


Abb. 228: Zapfenwellenanhängespritze mit Pumpenverkleidung für den Spritzer. (Werkbild: Platz)

Eine Darstellung dieser Verhältnisse ist in den Abbildungen 229 und 230 zu sehen. Abb. 229 zeigt die anzahlmäßige Aufteilung eines kugelförmigen Tröpfchens von einem bestimmten Volumen in jeweils kleinere Kugeltröpfchen des gleichen Gesamtvolumens. In Abb. 230 sieht man die volle Flächenbedeckung durch diese verschieden großen Tropfen (bei stets gleichem Flüssigkeitsvolumen). Es ist aber hierbei für die Flächenbestimmung der Durchmesser eingesetzt worden, der sich infolge der Abplattung des jeweiligen Tropfens beim Aufsetzen auf die Fläche ergibt (Kalottendurch-

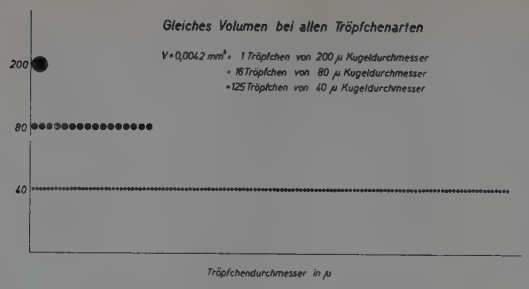


Abb. 229: Darstellung der Zunahme der Tröpfchenanzahl bei Aufteilung eines gleichen Flüssigkeitsvolumens in stets kleinere Tröpfchen (Biol. Bundesanstalt, Braunschweig)

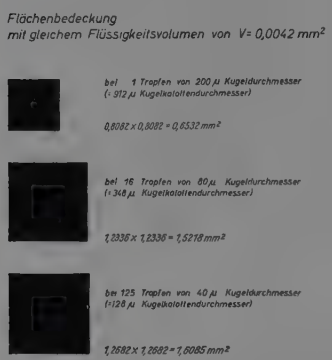


Abb. 230: Flächenbedeckung durch verschieden große Tröpfchen bei gleichem Flüssigkeitsvolumen. (Biol. Bundesanstalt, Braunschweig)

messer). Da der Kalottendurchmesser bei zunehmendem Tropfenvolumen im Vergleich zum ursprünglichen Kugeldurchmesser erheblich ansteigt — Abb. 231 bringt die Abhängigkeit des Kugelkalottendurchmessers vom Vollkugeldurchmesser —, wirkt sich diese Tatsache so aus, daß unter einer bestimmten Tröpfchengröße (unter 50 μ) kein Vorteil mehr hinsichtlich einer Flüssigkeitseinsparung zur Erzielung einer konstanten Flächenbedeckung erreicht wird.

Da eine bestimmte und gleiche Wirkstoffmenge auf eine bestimmte Kultur je Flächeneinheit ausgebracht werden soll, war mit der Zerkleinerung der Tropfen und mit der damit verbundenen Herabsetzung der Brühemengen eine stärkere Konzentration der Brühen nötig (302). Je höher die Konzentration eines Mittels wird, um so mehr muß auf Gleichmäßigkeit der Verteilung geachtet werden, da sonst die Gefahr von Schädigung in den Kulturen besteht.

Mit dem Aufschwung der Pflanzenschutztechnik nach dem zweiten Weltkriege

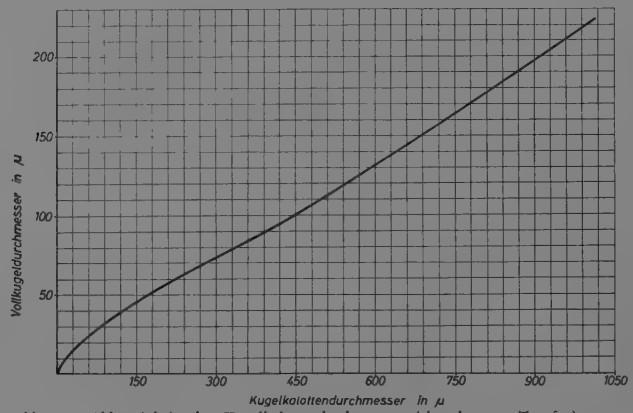


Abb. 231: Abhängigkeit des Kugelkalottendurchmessers (abgeplatteter Tropfen) vom Vollkugeldurchmesser (Biol. Bundesanstalt, Braunschweig)

setzte die Entwicklung geeigneter Sprühgeräte ein, die diese Aufgaben erfüllten (Deutschland: 40, 369, 458, 490, 559, 622; USA: 39, 94; Schweiz: 285, 286, 342, 427; Holland: 393; Neuseeland: 58). Die anfängliche Lösung, durch Verengung der Düsenbohrungen und durch Erhöhung des Spritzdruckes, Sprühtröpfchen zu erzielen, führte zu hohem Verschleiß und zu Verstopfungen der Düsenbohrungen. Insbesondere wurden aber bei den erforderlichen Flüssigkeitsmengen und hohen Drücken die Abmessungen der Pumpen zu groß und diese Aggregate zu teuer. Eine konstruktive Lösung eines Sprühgerätes nach diesem Prinzip der Verwendung von Nur-Flüssigkeit ist aber auch bekannt. Ein Sprühstrahl wird sonst hauptsächlich dadurch bewirkt, daß ein kräftiger von einem Gebläse (4) erzeugter Trägerluftstrom in ein weites, meist biegsames Rohr geleitet wird, daß vor oder in diesen Luftstutzen eine Brüheleitung (5) führt, an deren Ende die Flüssigkeit durch eine Düse (7) unter einem bestimmten Überdruck (6), den ebenfalls das Gebläse bewirkt, austritt und daß der zerstäubende Flüssigkeitsstrahl nun von dem Trägerluftstrom in noch feinere Tröpfchen zerrissen und mitgenommen wird. Die Darstellung dieses Sprühprinzips zeigt Abb. 232.

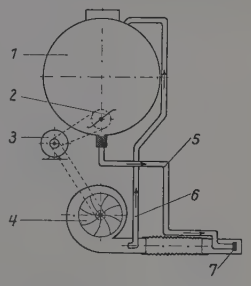


Abb. 232: Skizze zur Darstellung des Sprühprinzips (Biol. Bundesanstalt, Braunschweig)

α) Bauelemente der Sprühgeräte

Zu den Bauelementen des Spritzgerätes — abgesehen von den Spritzgerätekonstruktionen mit Druckkessel — ist beim Sprühgerät in erster Linie das Gebläse hinzugekommen. Auch bei den Sprühdüsen bestehen Unterschiede gegenüber den Spritzdüsen.

Durch Verwendung der motorischen Antriebskraft war es möglich, die erforderlichen schnellen Luftströme zu erzeugen, wie sie für das Zerreißen von Flüssigkeitströpfchen erforderlich sind. Blasebalg oder handbetätigter Ventilator fallen als Bauelemente für Sprühgeräte aus. Es kommen also in erster Linie Motor-Kompressoren oder motorgetriebene Turbogebläse in Frage. Kleinkompressoren haben oft zu Betriebsschwierigkeiten geführt, so daß man bei tragbaren Klein- und Mittelgeräten heute fast ausschließlich das Radialgebläse vorfindet. Kompressoren größerer Leistung oder größere Turbogebläse werden dagegen bei den meisten Mittel- und Großgeräten verwendet.

Gebläse mit zylindrischem Hubraum erreichen die größten mechanischen und aerodynamischen Wirkungsgrade. Jede andere Form des Hubraumes ist ungünstiger. Der Leistungsbedarf für den Betrieb der verschiedenen Gebläse liegt meist über dem Leistungsbedarf der bei den Spritzgeräten verwendeten Pumpen. Je nach dem Zweck und der beabsichtigten Reichweite des Gerätes werden Gebläse verwendet, die hohen Druck mit niederen Luftmengen erzeugen oder große Luftmengen bei niederem Druck. So sieht man an den Geräten, die in geschlossenen Räumen arbeiten, Kompressoren mit Ansaugleistungen von 5 m³/h und Enddrücken bis zu 40 mm WS, während die Sprühgeräte für Freilandkulturen mit großen Reichweiten mit Turbogebläsen ausgerüstet sind, die bei etwa 0,2 bis 0,3 m WS, 3000 bis 5000 m³/h und bei Hochleistungsgeräten noch höhere Luftmengenleistungen bewältigen. Die erforderliche hohe Luftgeschwindigkeit läßt sich durch die Wahl des Luftrohrquer-

schnittes erzielen; die Verengung des Querschnittes hat allerdings ihre Grenze da, wo eine ungünstige Drosselung des Luftstromes eintritt.

Bei der Einführung eines Flüssigkeitsstrahles in den Luftstrahl von sehr hoher Geschwindigkeit, muß nun hohe Relativgeschwindigkeit zwischen Flüssigkeit und Luftstrom im Augenblick der Mischung angestrebt werden, denn der Grad der Zerstäubung ist neben anderen Faktoren eine Funktion der Geschwindigkeitsdifferenz zwischen Tröpfchen und Luft. Man hat wohl — ohne daß diese Erkenntnisse voll gesichert sind — die geringste Zerteilungswirkung bei Düsen mit hohem Druck, die in Richtung des Luftstromes spritzen, während die beste Zerteilung bei Düsen mit geringem Druck stattfindet, die zwischen 90° zur Windrichtung oder direkt gegen den Luftstrom gerichtet sind. Daraus ergibt sich die Vielseitigkeit der technischen Ausführungsmöglichkeiten der Düsen und ihrer Anordnung.

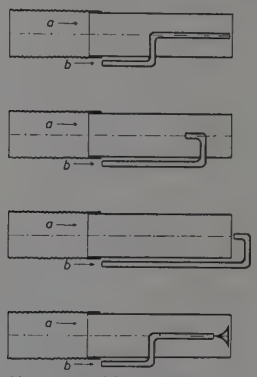


Abb. 233: Ausführungsarten von Sprührohren.
a) Luftstrom, b) Flüssigkeitszutritt
(Biol. Bundesanstalt, Braunschweig)

Die Düse ist entweder an oder vor der Luftstromrohrmündung meist mitten im Rohrquerschnitt angebracht. Der Brüheaustritt ist bei einer Ausführung mit dem Luftstrom gleichgerichtet, bei einem anderen System tritt der Brühestrahl dem Luftstrom entgegen. Vielfach wird die Brühe nach dem Austritt aus der Düse noch gegen eine Zerreißkante oder gegen ein gegenläufiges Turbinenrädchen geführt und so weiter zerrissen. Die wichtigsten Ausführungsarten werden in der Abb. 233 gezeigt. Eine Ausführungsform der Praxis zeigt Abb. 234.

Die Gestaltung der Düsenformen selbst ist sehr unterschiedlich. Es sind vielfach einfache Rohre mit kleinem Querschnitt, die häufig in Bündeln oder in Brausenart angeordnet sind (Abb. 235). Oft werden Rohre mit sich verengendem und wieder sich erweiterndem Querschnitt — etwa in Form einer Lavaldüse — genommen und die Flüssigkeit im engsten Querschnitt zugeführt. Auch Düsen mit Ringquerschnitten ohne oder mit den vorgesetzten schon genannten beweglichen oder unbeweglichen Flächen als „Abreißkanten" sind vorhanden.

Die Regulierung der Flüssigkeit ist durch Änderung der Leitungsquerschnitte möglich; bei gleichem Luftstrom bedingt das eine Änderung der Tropfengröße. Durch Luftmengenregulierung eine Tropfengrößenveränderung zu erzielen ist wegen der damit verbundenen Drosselung des Luftstromes nicht wünschenswert.

Abb. 234· Sprühdüse

Die Umstellung vom Spritzen großer Brühemengen auf das Sprühen geringerer Mengen in stärkerer Konzentration ist vor allem im Wein-, Obst- und Hopfenbau rasch vorwärts gegangen. Insektizide und Fungizide des Wein-, Obst- und Hopfenbaues lassen sich sprühen; Herbizide mit ätzender Wirkung werden nach der zur Zeit vor-

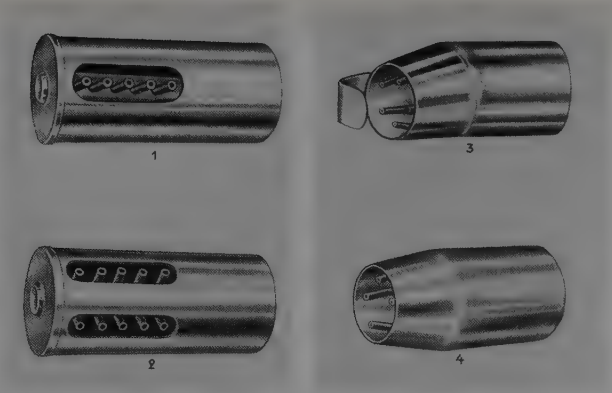


Abb. 235: Verschiedene Sprühdüsenarten. 1 = Winkeldüse (Einseitenbehandlung), 2 = Winkeldüse (Zweiseitenbehandlung), 3 = Schrägdüse, 4 = Geraddüse (Werkbild: Platz)

herrschenden Auffassung besser gespritzt, da sie großtropfig ausgebracht werden müssen. Durch Änderung der physikalischen Eigenschaften ätzender Herbizide hofft man jedoch, die Möglichkeiten ihrer Ausbringung im Sprühverfahren zu verbessern.

Die Technik der Flüssigkeitsstrahl-Auflösung durch Einführung fein verteilter Tropfen in einen Windstrom ist im Ausland unter dem Namen „atomising sprayer" oder „atomiseur" schon einige Jahre vor der Anwendung der Sprühtechnik in Deutschland bekannt. Wegen der Feinzerteilung der Flüssigkeitstropfen werden Sprühgeräte auch in Deutschland von verschiedenen Herstellern als Atomisator, Molekulator u. ä. bezeichnet. In keinem Falle erfolgte aber eine Zerreißung der Flüssigkeit in Moleküle oder gar Atome, es handelt sich also lediglich um Phantasienamen.

β) Gerätetypen

Die beim Sprühverfahren erwähnte Konstruktion eines Sprühgerätes (Karrengerät), das allein mit sehr hohem Flüssigkeitsdruck die Sprühtröpfchen erzeugt (Hersteller: VEB Fettchemie- und Fewa-Werk in Nauendorf bei Pirna; Konstruktion: Forstassessor Kroll), verwendet eine Diesel-Einspritzpumpe (zweistufige Hochdruckpumpe, Leistung 0,5 l/min) mit einem Zerreißdruck von 200 atü. Die Flüssigkeit durchläuft einen Filter, bevor sie in die Diesel-Einspritzpumpe gelangt. So können wässerige Lösungen versprüht oder sogar auch reiner Wirkstoff vernebelt werden. Die Flüssigkeit wird durch ein schwenkbares Rohr mit Hilfe eines Gebläsestromes ausgeblasen. Ein Gebläse ist also auch vorhanden, es hat aber hier nur die Aufgabe, den zerstäubten Flüssigkeitsstrahl zu richten.

Ein Vorläufer der gebräuchlichsten Sprühtechnik ist das Schaum„nebel"-verfahren (489). (In der Begriffsbildung wurde damals ein Fehler gemacht, da sich die Bezeichnung „Sprühen" beim Betreten von technischem Neuland natürlich nicht in dem heute abgegrenzten Begriff fertig darbot.)

Beim Schaumnebelgerät wurde mit Luft als dem am Sprühvorgang beteiligten Faktor gearbeitet und ein Gebläse eingesetzt. Mit dem Gebläse wurde einerseits auf den Brühebehälter ein schwacher Überdruck gebracht und außerdem der Hauptluftstrom in ein Düsenrohr geleitet. Der Überdruck im Behälter drückte die Brühe, der ein Schaumbildner zugesetzt war, durch einen Verschäumer, in dem die vollkommene Verschäumung der Brühe stattfand, ebenfalls in das Düsenrohr. Der hinzutretende Luftstrom blies den Schaum durch verhältnismäßig weite Düsen in

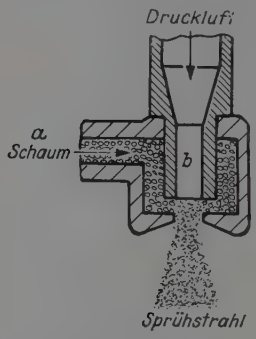


Abb. 236: Prinzip des Schaum„nebel"verfahrens (nach Gallwitz)

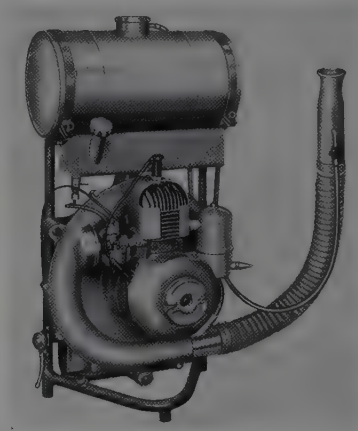


Abb. 237: Rückentragbares Motorsprühgerät. (Werkbild: Jacoby)

feinen, aber zum Teil auch noch in gröberen Tropfen auf die Kulturen. Der erforderliche Schaumbildner (Saponin), der die Brühe verteuert und das Gerät kompliziert macht, war ein Nachteil des Verfahrens. Ein Vorteil war die Anwendung relativ so weiter Düsen, daß nur wenige Störungen auftraten. Das Prinzip des Schaum„nebel"verfahrens zeigt Abb. 236.

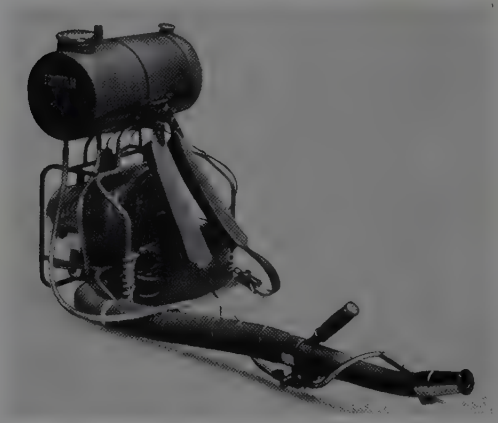


Abb. 238: Rückentragbares Motorsprühgerät. (Werkbild: Heizmotoren)

Mit Einführung der Technik einer Aufspaltung des Spritzflüssigkeitsstrahles durch einen Luftstrom entstanden Geräte für alle Zwecke.

Handsprühgeräte eignen sich besonders für die Schädlingsbekämpfung und den Pflanzenschutz in Haus, Stall und Garten. Spezialdüsen und Vorsatzrohre erweitern den Anwendungsbereich dieser handlichen Geräte. Sehr verbreitet ist das

rückentragbare Motor-Sprühgerät (Abb. 237 u. 238) (285, 638, 639, 640). Es eignet sich vorzugsweise für Bekämpfungsmaßnahmen in dicht stehenden Kulturen auf parzellierten Flächen, in hängigem Gelände und an Stellen, die schwer zugänglich sind. Auch im Forst bewährt es sich in jüngeren Beständen und für die Begiftung von Unterstand und Hecken, allgemein für die Verwendung auf allen Flächen, deren Gestaltung oder Bewuchs einen Einsatz größerer Geräte nicht zulassen.

Das Gerät wird in einem Traggestell mit gepolsterten Schulter-Lederriemen auf dem Rücken getragen. Das Traggestell besteht im wesentlichen aus einer Rückenblechplatte mit Rohrgestänge. Die Blechplatte ist zur bequemeren Rückenlage und zur Dämpfung von Stößen mit einem Dämpfungsmaterial (Schaumgummikissen) versehen. Antriebsmotor und Gebläse (meist Radialgebläse mit Luftleistungen bis 550 m^3/h) sind frei im Rohrrahmen aufgehängt oder fest auf den Rahmen aufmontiert. Die Behälter für Brennstoff und Brühe (10—15 l Inhalt) liegen neben oder über Motor und Gebläse.

Eine Zuführung von Druckluft nach dem Staudruckprinzip vom Gebläsestrom zum Brühetank bewirkt einen konstanten Druck auf die Oberfläche der Brühe, wodurch die Zuführung der Brühe zum Sprühkopf am Sprührohr erfolgt. Es gibt auch Ausführungen, bei denen die Brühe durch eine kleine zusätzliche Pumpe in stets konstanter Menge dem Sprühkopf zugeführt wird. Der direkt in das Sprührohr geleitete Hauptluftstrom trifft in, vor oder direkt am Austrittsquerschnitt des Sprühkopfes mit der in den verschiedensten technischen Ausführungen zugeführten und zum dünnen Strahl aufgelösten Flüssigkeit zusammen und zerreißt diese Flüssigkeitstropfen zu feinsten Sprühtröpfchen, die auf die Kulturen ausgeblasen werden. Verschiedene Düseneinsätze oder Wechseldüsen, Verlängerungsrohre und Sprührohre mit Spezialsprühköpfen erweitern den Anwendungsbereich.

Die rückentragbaren Sprühgeräte sind als Motor-Sprüh- und Stäubegeräte fast ausnahmslos zum Umbau für Stäuben und zum Teil auch für Nebeln eingerichtet. Auch Wasserbehälteraufsätze auf den Stäubeteil, um „Naßstäuben" zu können, werden vorgesehen. Durch das Naßstäuben soll bessere Haftfähigkeit und Regenbeständigkeit des aufgebrachten Mittels erzielt werden.

Die verschiedenen Typen der rückentragbaren Motor-Sprüh- und Stäubegeräte unterscheiden sich in der Hauptsache in der Schwere und in der Anordnung der am Sprühen oder Stäuben beteiligten Elemente. Durch das Gewicht der Einzelteile wird das Gesamtgewicht (Leergewicht 15—18 kg) bedingt, das u. a. für die Arbeitsleistung des Bedienungsmannes eine Rolle spielt. Die Anordnung der Teile beeinflußt die Bequemlichkeit der Bedienung. Der Aufbau ist maßgebend für die Lage des Schwerpunktes und seine Veränderung beim Entleeren der Behälter. Der Schwerpunkt hat einen nicht zu unterschätzenden Einfluß auf die Rückenlage. Die Beurteilung, ob ein Gerät gut sitzt oder nicht, ist allerdings sehr individuell und kann erst nach längeren Einsatzerfahrungen und dann oft sehr unterschiedlich beantwortet werden. Die Mengenleistung des Gerätes ist vom Gebläse und von den Düsen abhängig. Das Gewicht, das bei einem Traggerät möglichst klein gehalten werden muß, bestimmt mehr oder weniger die Motor- und Gebläsegröße und damit auch

die Gebläse- und Mengenleistung. Bei den Motor-Rücken-Geräten ermüdet der Träger durch die Erschütterungen des Motors leichter als bei gleich schweren Batteriespritzen. Trotzdem werden der Lärm und das Vibrieren des Motors von der Praxis in Kauf genommen bei den Vorteilen des geringen Wassertransportes und des geringen Zeitaufwandes.

Ein weiteres Zwischengerät vom Handgerät zum Großgerät ist das Karrengerät. In der Sprühtechnik spielt es als Schlauchsprühgerät oder als meist selbstfahrendes Gerät mit auf einem Kreisbogen verstellbar angeordneten Sprühköpfen für den Obst- (Spindel- und Buschobstanlagen) und

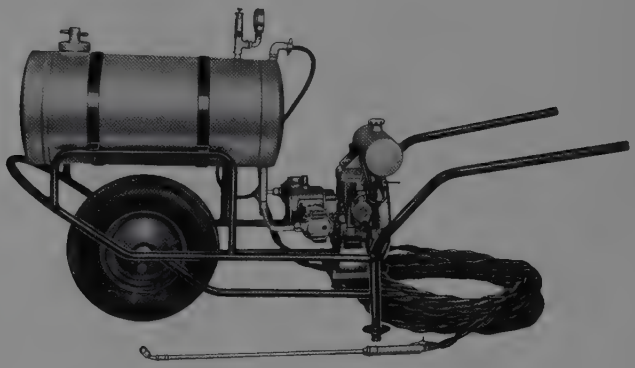


Abb. 239: Sprühgerät auf zweirädrigem Karren. (Werkbild: Brackenheim)

Weinbau eine Rolle (Abb. 239 u. 240). Meist auf einem leichten Einrad-Fahrgestell sind der Flüssigkeits-Druckbehälter mit 30 bis 50 Liter Fassungsvermögen und der Kompressor mittlerer Leistung mit Antriebsmotor montiert. Motor und Kompressor sind häufig direkt gekuppelt. Die erzeugte Druckluft (Betriebsdruck bis 4 atü) wird in den Behälter (mit Sicherheitsventil und Manometer) geleitet. Der auf der Brüheoberfläche entstehende Überdruck drückt die Flüssigkeit durch eine an der Unterseite des Behälters vorgesehene Öffnung durch einen 5 bis 15 m langen Schlauch in das Sprührohr. Gleichzeitig erfolgt die Zufuhr der Druckluft vom Behälter zum Sprührohr durch einen zweiten Schlauch, der auf der Oberseite des Behälters

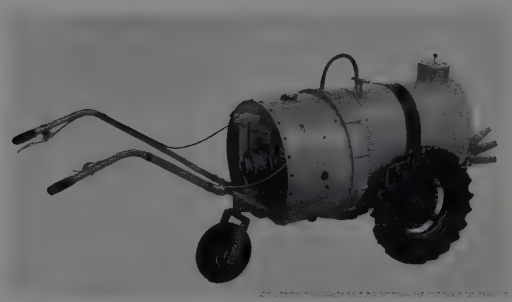


Abb. 240: Selbstfahrendes Karren-Sprühgerät mit auf einem Kreisbogen verstellbar angeordneten Sprühköpfen. (Werkbild: Kleinmotoren)

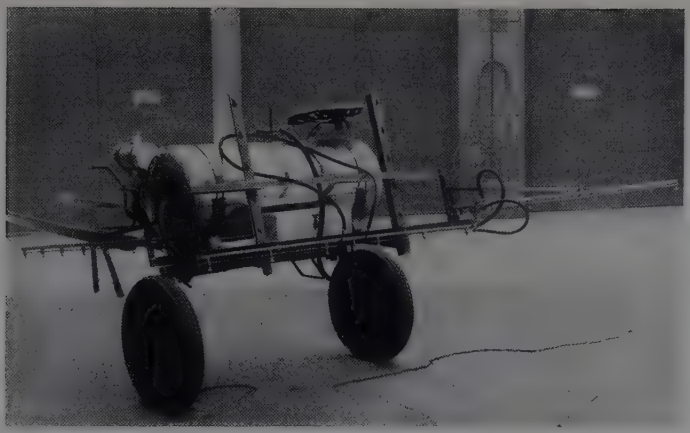


Abb. 241: Feldsprühgerät. (Werkbild: Platz)

angeschlossen ist. Flüssigkeits- und Luftschlauch sind vielfach zur besseren Handhabung zusammengedreht. Die Druckluft tritt direkt in das Sprührohr, während die Flüssigkeit wieder in den verschiedensten Ausführungsarten der Zuleitungen und Zerstäuberelemente in den Luftstrom geführt ist, um beim Zusammentreffen in einem Sprühstrahl ausgebracht zu werden. Das Leergewicht eines Karrensprühgerätes beträgt 40—60 kg.

Als Zubehör zum Gerät werden verschiedene Düseneinsätze mit unterschiedlichen Austrittsquerschnitten, Breitsprührohre und senkrechte Sprüharme mit mehreren Düsen und Zuleitungsschläuchen in unterschiedlichen Längen geliefert.

An Großsprühgeräten sind das Feldsprühgerät (Abb. 241) als Gespanngerät sowie schleppergezogene Geräte (Abb. 242) vorzugsweise für den Obst- und Weinbau und für den Einsatz im Forst vertreten.

Das Gespanngerät (Abb. 241) (Gewicht etwa 300 kg) arbeitet mit Auslegerohr wie die Feldspritze, nur daß dem Gestänge mit Düsen nun nicht mehr nur Flüssigkeit allein, sondern gleichzeitig noch Luft zugeführt wird. Das Gespanngerät besteht im wesentlichen aus dem auf dem Fahrgestell aufmontierten Flüssigkeitsdruckbehälter (mit Luftrührwerk), dem Motor mit Kompressor

Abb. 242: Anhänge-Sprühgerät. (Werkbild: Holder)

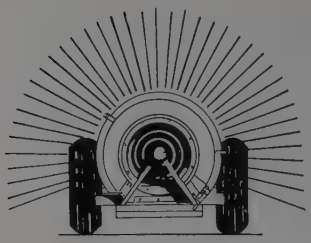


Abb. 243: Prinzipzeichnung des Breitraumsprühens (nach Werkbild: Meyers)

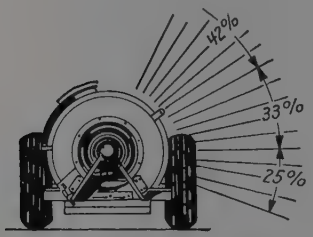


Abb. 244: Unterschiede in der Luftmengenbemessung zur Erzielung einer gleichmäßigen Benetzung (nach Werkbild: Meyers)

und einem Spezial-Mischdüsensatz. Die Düsen sind gleichmäßig über die Düsenarme verteilt, die wiederum schwenkbar gelagert und in der Höhe verstellbar sind. Die Ausbringmengen können durch ein Regelventil eingestellt werden.

Die Schlepper-Aufbauaggregate und -Anhängesprühgeräte (sie werden auch als pferdefahrbare Geräte mit aufgebautem Motor geliefert) werden in den verschiedensten Leistungsgrößen gebaut.

Für hohe Leistungen haben die meisten Aufbau- und Anhängegeräte Pumpe und Gebläse (Abb. 242). Die Zapfwelle (oder der Motor) treibt die für die Flüssigkeitsbeförderung und Druckgewinnung notwendige Pumpe und das für die Erzeugung des Luftstromes erforderliche Gebläse an. Pumpe, Flüssigkeitsbehälter und Gebläse sind beim Anhängegerät auf einem meist zweirädrigen gummibereiften Fahrgestell hintereinander aufmontiert.

Es läßt sich nun ein Sprühstrahl oder eine Sprühwolke erzeugen. Charakteristisch für die Geräte, die mit einem Sprühstrahl arbeiten, ist ein querschnittsgroßes Luftleitungsrohr, das vom Sitz des Bedienungsmannes nach allen Seiten bewegt werden kann. Auch automatisch oszillierende Blasrohre sind bekannt, die sich besonders für in engen Reihen stehende hohe Pflanzen eignen (Hopfenbau) und beim Durchfahren nach beiden Seiten gleichmäßig sprühen. Die Düsen der Brüheleitung sind nun in den mannigfaltigsten Konstruktionen, wie es die Skizzen nach Abb. 233 zeigen, in oder auch an den Luftstrom geleitet.

Charakteristisch für die Geräte, die im Breitraum sprühen, ist ein Düsenkranz, der in oder an die aus mehreren Austrittsstutzen herausströmende Luft eines leistungsstarken Radial- oder Axialgebläses gelenkt ist. Die Brühe wird nun in breiter Strahlverteilung oder wirbelnd ausgesprüht. Einen Sprühstrahl in Breitraumverteilung zeigt die Prinzipskizze Abb. 243. Zur gleichmäßigen Benetzung des gesamten Baum- bzw. Pflanzenbestandes wird bei manchen Geräten eine unterschiedliche Bemessung der Luftmenge (Abb. 244)

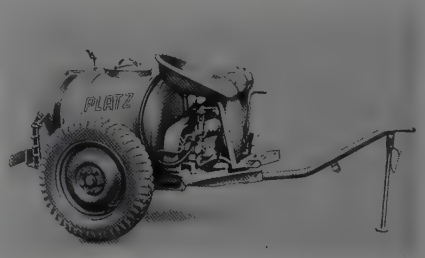


Abb. 245: Breitraumsprühgerät. (Werkbild: Platz)

Abb. 246 und 247: Ausländisches Breitraumsprühgerät im Obstbaueinsatz

vorgenommen. Die Geräte sind für Kulturen mit Weitraumerziehung oder Plantagen geeignet (Abb. 245, 246 u. 247). Sie können ein- oder beidseitig arbeiten.

Die Weiterführung des Gedankens, Verstopfungen der Düsen durch große Bohrungen zu vermeiden (siehe Schaum„nebel"gerät) führte zu einer Sonderkonstruktion eines Feldsprühgerätes (490, 491, 492). Es ist als Anhänge- und Aufbaugerät herausgebracht worden. Von einem horizontal gelagerten Gebläse mit großer Luftleistung (6000 m^3/h) wird die Luft in zwei Feldsprühauslegerohre (Aero-Barren) mit weiten Durchflußquerschnitten (13 cm) geblasen (Abb. 248). Durch eine gesonderte Zuführung und Zerstäubung der Flüssigkeit am Lufteintritt der Sprührohre wird die Flüssigkeit in feinem Schleier gleichmäßig über die Länge der Rohre verteilt und tritt in dieser feinen Verteilung in eine große Zahl von an den Sprührohren angebrachten Strahlern (56 Stück), die ebenfalls noch einen großen Durchtrittsquerschnitt (1,7 cm) haben. An der Mündung der Strahler sind radial Zähne vorgesehen, an deren Spitzen die austretende Flüssigkeit noch weiter durch den Luftstrom abgerissen und endzerstäubt wird (Abb. 249). Die große Luftmenge bewirkt eine starke Durchwirbelung des Bestandes. Der Konstrukteur geht von der Idee aus, daß der Grad und die Güte der Durchspülung direkt von der Größe der in Bewegung gesetzten Masse abhängt, so daß also bei der Herabsetzung der Flüssigkeitsmengen beim Sprühen gegenüber den Mengen beim Spritzen bei

Abb. 248: Feldsprühgerät mit Aerobarren. (Photo: Korhammer)

gleicher Arbeitsgeschwindigkeit bei beiden Verfahren ein Ausgleich durch eine entsprechende Luftmenge zur Erhaltung der kinetischen Energie erfolgen muß.

Die Sprührohre beim beschriebenen Feldsprühgerät können zugleich Stäuberohre sein. Anstelle der Sprührohre ist auch noch eine Baumdüse (mit 70 m/sec Luftaustrittsgeschwindigkeit) vorgesehen, die ebenfalls die Behandlung von Baumkulturen ermöglicht.

Abb. 249: Ausleger eines Spezial-Feldsprühgerätes. (Werkbild: Stoll)

Wann nun Spritzen und wann das Sprühen vorteilhafter ist, hängt nicht nur von der technischen und arbeitswirtschaftlichen Zweckmäßigkeit des Verfahrens ab, sondern wird auch weitgehend von den chemischen und biologischen Belangen bestimmt (siehe Unterkapitel „Einsatz und Bewährung").

c) Nebelverfahren

Die größte Ersparnis an Ballast und an Trägerstoff wird beim Nebelverfahren erreicht (14, 23, 65, 91, 129, 132, 148, 271, 297, 298, 302, 330, 413, 444, 449, 461, 497, 515, 522, 523, 524, 525, 581, 589). Beim Nebeln kann ein Nebelpräparat, das allein aus dem Wirkstoff und einem Lösungsmittel besteht, oder sogar nur reiner Wirkstoff ausgebracht werden. Die Gewichtsmenge des auf die Flächeneinheit entfallenden Wirkstoffes muß die gleiche sein wie bei Ausbringung von Suspensionen und Emulsionen im Spritz- oder Sprühverfahren. Dieses Gewicht ist aber jetzt das einzige, was überhaupt transportiert, zerstäubt und verblasen werden muß. Durch feinste Verteilung wird eine große aktive Oberfläche des Wirkstoffes erzielt. Die Bedingungen für eine Wirkstoffvernebelung sind am gün-

stigsten im geschlossenen Raum oder in raumvergleichbaren geschlossenen Pflanzenbeständen.

Die Nebelteilchen vermögen in die feinsten Poren einzudringen, wo gröbere Partikel nicht hinkommen können und daher unwirksam bleiben.

Bei der Feldbehandlung sind die Voraussetzungen für den Erfolg ungünstiger, da hier der Nebel stärker Wind und Wetter ausgesetzt ist. Wegen der Abhängigkeit von Wind, Temperatur, Sonneneinstrahlung und verschiedenen mikroklimatischen Verhältnissen im Bestand, wegen der schlecht zu übersehenden und zeitraubenden Feststellung der geeigneten Einsatzzeit der Nebelgeräte und der Gefahr der Schädigung von Nachbarkulturen sowie von nützlichen Insekten durch abgetriebenen Nebel, stehen dem Verfahren im Freiland trotz der wirtschaftlichen und arbeitstechnischen Vorteile (die Kulturen können vom Wegenetz aus bestrichen werden, ein Hineingehen oder -fahren ist also nur noch in wenigen Ausnahmefällen erforderlich) ohne Frage große Schwierigkeiten entgegen.

Man unterscheidet Heiß- und Kaltnebel (Kondensations- und Dispersionsnebel). Das Prinzip beim Heißnebelverfahren ist, den flüssigen oder festen Wirkstoff zunächst mittels einer Heizquelle in die Dampfphase zu bringen oder zuerst zu schmelzen und sodann in Dampfform zu überführen. Die heißen Dämpfe werden dann verblasen. Sobald der als Gas in der molekulardispersen Form vorliegende Stoff an die atmosphärische Luft kommt, verdichtet er sich zu der für einen in dieser Weise erzeugten Nebel charakteristischen Schwebstofform mit außerordentlich feinen und in der Größe weitgehend gleichmäßigen Teilchen und schlägt sich als Kondensat auf die Kulturen nieder. Die Teilchengröße hängt von der Dampfdichte und von der Abkühlungsgeschwindigkeit ab. Sie läßt sich durch die Menge des Luftstromes in gewissen Grenzen beeinflussen.

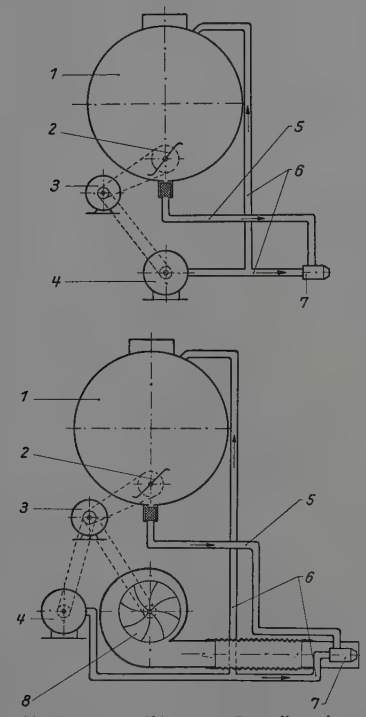


Abb. 250 u. 251: Skizzen zur Darstellung des Kaltnebelprinzips. (Biol. Bundesanstalt, Braunschweig)

Eine weitere Möglichkeit, ohne besondere Geräte Heißnebel zu erzeugen, ist das Verschwelen von Wirkstoffen durch damit vermischte Heizsätze. Hierbei dient die durch eine chemische Umsetzung — z. B. Verbrennung von Holzmehl durch den Sauerstoff von Nitraten — erzeugte Wärme zur Verdampfung der Wirkstoffe, so daß ein Kondensationsnebel entsteht. Die Schwelsätze sind entweder in Blechdosen untergebracht oder — für die Anwendung im kleinen Maßstab — zu Tabletten oder Ringen gepreßt.

Eine Prinzipskizze des Kaltnebelverfahrens zeigt Abb. 250. Der Kaltnebel wird dadurch erzeugt, daß durch ein Gebläse (4) einmal ein Überdruck auf den Nebelmittelbehälter (1) gebracht und zum anderen der Hauptluftstrom

(6) einer Düse (7) zugeleitet wird. Auch die Nebelmittelleitung (5) ist dieser Düse zugeführt und die Mischung und Zerwirbelung von Mittel und Luft erfolgen unmittelbar in der Düse — der Spezial-Nebeldüse — und das Gemisch tritt in feinster Verteilung in Nebelform aus. Hier werden also relativ hohe Wirkstoffmengen — gegebenenfalls unter Zusatz kristallisationshemmender Substanzen — in bestimmten leicht verdunstenden organischen Lösungsmitteln gelöst und mittels Preßluft verdüst. Der Nebelstrahl verliert je nach Gebläseleistung oft schon nach wenigen Metern seine kinetische Energie und wird dann durch die herrschende Luftströmung als lockerer Schleier in die Kulturen getragen. Durch das sofortige Verdunsten des Lösungsmittels des Wirkstoffes verkleinert sich das Volumen der Nebeltröpfchen noch weiter. Es ergibt sich ein Nebel mit einer infolge der Gesamtoberflächenvergrößerung sehr gesteigerten Deckfähigkeit. Auch hier liegt ein echter Wirkstoffnebel vor. Die Ziffern 2 und 3 in Abb. 250 bezeichnen Rührwerk und Antrieb. Ein zusätzlicher Luftstrom, der durch ein Gebläse (8) mit großer Mengenleistung erzeugt wird, ändert nichts an dem Prinzip. Er dient lediglich dazu, den Nebelstrahl zu richten (Abb. 251).

α) Bauelemente der Nebelgeräte

Bei den deutschen (137, 349, 442, 526, 527, 620) und ausländischen (170, 343, 566, 578, 593) Nebelgeräten sind, mit Ausnahme der Spezial-Nebeldüsen beim Kaltnebelverfahren, keine wesentlichen Bauelemente zu den bereits bei den Spritz- und Sprühgeräten bekannten Einzelbauteilen hinzugekommen. Der technische Aufwand bei Nebelgeräten, insbesondere beim Heißnebelverfahren, ist überhaupt überraschend gering. Die Heizquellen beim Heißnebeln — überhitzter Wasserdampf, Heißluft oder Auspuffgase von Verbrennungsmotoren und die einfachen Einrichtungen zur Erzeugung — sind kaum als besonders zu beachtende Bauelemente zu bezeichnen.

Die Nebeldüsen sind Bauteile, in denen die Mischung und Zerwirbelung von Mittel und Luft dadurch erfolgt, daß an diese Düse sowohl die Luftleitung als auch die Brüheleitung unmittelbar angeschlossen sind. Abb. 252 zeigt einen Schnitt durch eine einfach aufgebaute Nebeldüse. Als weiteres Beispiel, wie man mit mehreren zur Verfügung stehenden Möglich-

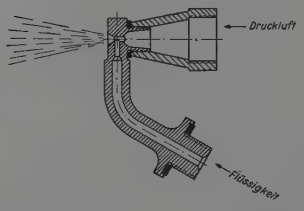


Abb. 252: Schnitt durch eine einfach gebaute Nebeldüse (nach Gallwitz)

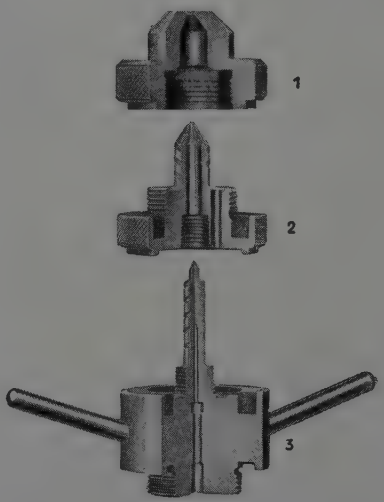


Abb. 253: Einzelteile einer Drallkörper-Nebeldüse. (Werkbild: Schäfer)

keiten das Problem der bestmöglichen Mischung von Luft und Flüssigkeit zu lösen versucht, werden in der Skizze der Abb. 253 Schnittbilder der Einzelkörper von einer der allgemein recht zahlreichen Nebeldüsenausführungen gezeigt. Körper 3 ist unmittelbar in den Nebelmittelbehälter eingeschraubt, auf dessen Flüssigkeitsoberfläche ein Druck aufgebracht wird. In einem Steigrohr, das bis zum Boden des Behälters reicht, tritt die Flüssigkeit durch die mittlere Bohrung des Körpers 3 um einen Drallkörper am oberen Teil. Über diesen Drallkörper paßt genau die mittlere Bohrung mit Gewinde des Körpers 2, der ebenfalls wieder einen Drallkörper trägt, um den die Luft im gegensätzlichen Drehsinn zur Flüssigkeit durch zwei seitliche Bohrungen im Körper 2 geleitet wird. Die Abschlußkappe 1 überdeckt wieder genau den Drallkörper 2 und läßt mit der Mündung abschließend zwei Ringquerschnitte frei, durch die Flüssigkeit und Luft intensiv gegeneinander gewirbelt austreten, wobei die Flüssigkeit in feinste Teilchen vernebelt wird.

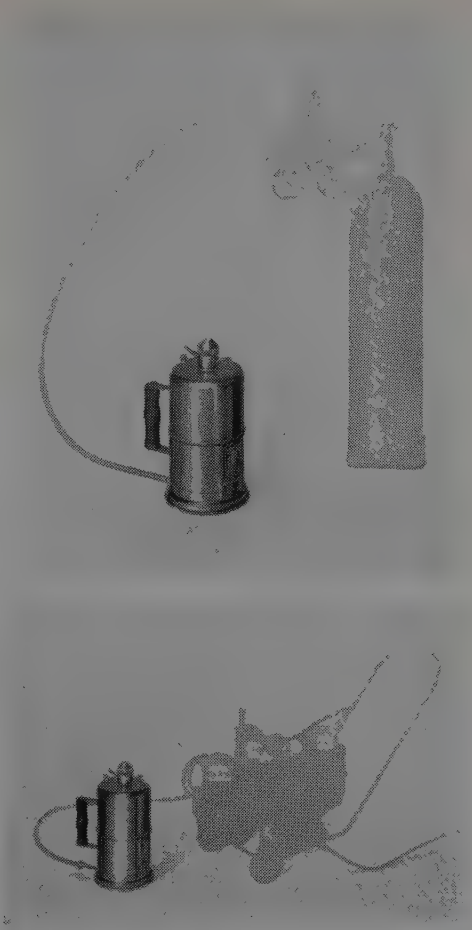


Abb. 254 u. 255: Kleinnebelgerät mit gesonderten Luftquellen (Preßluft oder Klein-Kompressor). (Werkbild: Schäfer)

Man hat es außerdem noch in der Hand, durch Verdrehen von Teil 1 und Teil 2 den Luft- bzw. den Flüssigkeitsverbrauch zu regulieren, so daß sich damit Tropfengröße und Ausbringmenge verändern lassen.

Das Prinzip der Wirkungsweise der Nebeldüsen beim Kaltnebeln ist stets das gleiche — Zusammentritt von Luft und Flüssigkeit unmittelbar in der Düse — aber der Spezialaufbau ist unterschiedlich und vielfach ein Patent der Herstellerfirmen.

Für Kleinnebelgeräte sind oft gesonderte Druck- und Luftquellen erforderlich (Abb. 254 und 255). Zweckmäßig sind Preßluft, Stickstoff oder Kohlensäure aus Leihflaschen. Bei dieser Antriebsart ist zu beachten, daß ein Reduzierventil gebraucht wird, um den hohen Flaschendruck von 150 bis 200 atü auf den erforderlichen Betriebsdruck herabzumindern. Bei Verwendung von Kohlensäure empfiehlt sich noch

die Einschaltung eines Vorwärmers, um eine Vereisung der Leitung zu verhindern. Man kann auch eine oder mehrere große Füllflaschen als Tankstelle aufstellen und kleine, bequem tragbare Flaschen je nach Bedarf nachfüllen. Benzinkompressoren als gesonderte Luftquelle gibt es in tragbarer, fahrbarer oder rückentragbarer Ausführung. Überall dort, wo elektrischer Stromanschluß zur Verfügung steht, kann ein Elektro-Kompressor benutzt werden, wie er z. B. bei Tankstellen zur Reifenfüllung gebraucht wird. Die notwendige Druck- und Luftleistung müssen gewährleistet sein.

β) Gerätetypen

Als Kleinstnebelgeräte für das Kaltnebeln sind die handbetätigten Treibgasdosen (Abb. 256) zu nennen. Als Treibmittel werden mehrere Fluor-Chlor-Methan-Verbindungen verwendet (u. a. Freon), die unter Normalbedingungen Gase sind, durch Unterkühlung und durch Anwendung von Druck aber verflüssigt werden können. Sie sind gleichzeitig Lösungsmittel. Man bringt sie unterkühlt in Druckbehälter, mischt noch eine Wirkstofflösung bei und kann sie hieraus unter der Wirkung ihres eigenen Dampfdruckes bei normaler Temperatur herausspritzen lassen. Bei Betätigung eines kleinen Ventils durch Handdruck auf einen Knopf der Treibgasdose wird das Produkt zunächst primär in Spritztropfen ausgebracht. Da aber durch das plötzliche Entspannen des Druckes das Treibmittel schlagartig siedet und verdampft, werden sekundär äußerst feine Tropfen gebildet, die einen echten Nebel darstellen. Dabei besteht eine starke Vereisungsgefahr, weil die adiabatische Expansion — das Gas dehnt sich auf das Vielfache seines ursprünglichen Volumens aus (Freon = 260fach) — eine starke Abkühlung zur Folge hat. Die Treibgasdosen sind also auf kleine Mengen beschränkt.

Abb. 256: Treibgas-Nebeldose. (Werkbild: Du Pont)

Eine größere Zahl von Kleinnebelgeräten als Tisch- oder Koffergeräte für die Innenraumentwesung arbeiten als Kaltnebelgeräte (131, 580). Als notwendiges nebelgesättigtes Luftvolumen zur Raumdesinfektion wird $^1/_{50}$ des umbauten Raumes bezeichnet. Die im Raum aufstellbaren und fast ausschließlich an das Stromnetz anschließbaren Geräte arbeiten zum Teil nach dem Prinzip der

Verdüsung — Flüssigkeitsverdichtung mittels Hochdruckpumpe oder Kompressor, Expansion durch Spezialdüse — aber auch oft mit Hilfe eines Schleuder-Aggregates. Mit sehr hohen Geschwindigkeiten (16 000 U/min) umlaufende Teller oder Lamellen saugen die Nebelflüssigkeit durch Schaffung eines Unterdruckes an und schleudern sie in feinsten Teilchen aus. Hierbei handelt es sich fast ausschließlich um Aerosole — die entsprechenden Vorrichtungen werden auch Aerosol-Apparate genannt —, die lange schweben und sich ähnlich wie ein Gas durch Eigenbewegung gleichmäßig im Raum verteilen (Abb. 257).

Abb. 257: Aerosol-Apparat zur Raumvernebelung (Werkbild: Defensor)

Die Vernebelungsleistung der Raumgeräte beträgt 40—100 ccm Wirkstoff je Minute (2,4 bis 6,0 l/h).

Handtragbare Nebelgeräte zur Behandlung von Kleinflächen auch im Freiland sind mit Spezial-Nebeldüsen ausgerüstet. Sie bestehen nur aus Füllkessel und Düse. Die Druck- und Luftquelle für den Betrieb muß gesondert mitgeführt werden (siehe „Bauelemente“ und Abb. 254 und 255). Die Handgeräte haben etwa 3 Liter Füllinhalt. Der Luftbedarf beträgt ungefähr 100 bis 120 Liter je Minute und Düse.

Rückentragbare Kalt- und Heißnebelgeräte werden in Kombination mit den Motor-Sprüh- und Stäubegeräten hergestellt. Durch Zwischenschalten einer Spezialdüse wird die Sprüheinrichtung auf Nebelleistung umgestellt.

Die Großnebelgeräte nach dem Kaltnebelverfahren werden als Anhängegeräte an Schlepper oder als Aufbaugeräte gebaut (Abb. 258) (620).

Dadurch, daß der gesamte Inhalt eines Mittelbehälters unter Druck gesetzt wird (0,2—0,4 atü), gelangt die Flüssigkeit meist über Dosierungsbehälter und über ein

Abb. 258: Kaltnebel-Anhängegerät. (Werkbild: Borchers)

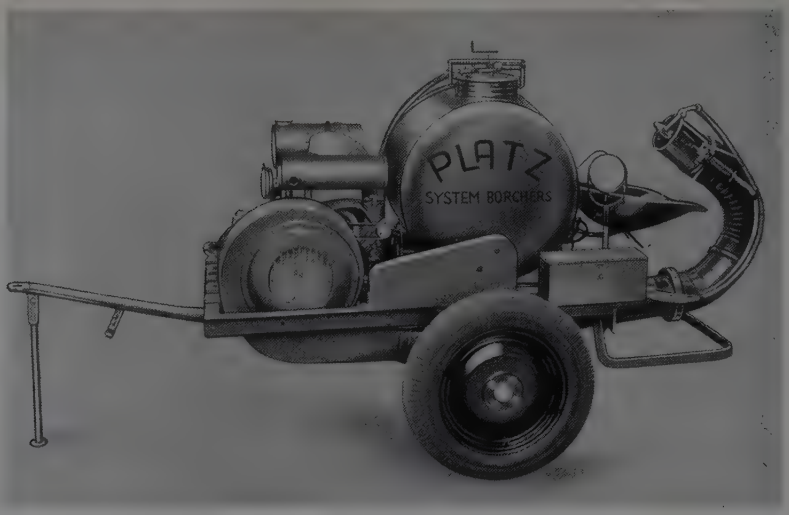


Abb. 259: Großnebelgerät für Kaltnebel. (Werkbild: Platz)

Regelventil durch die Verteilerrohre oder -schläuche in die Nebeldüsen, die gleichzeitig aus einer von einem Kompressor gespeisten Druckluftleitung (2—5 atü) die Zerstäuberluft erhalten. Der Wirkstoff wird unter hoher Luftgeschwindigkeit zerblasen. Die Düsen sind einzeln oder in Serien und fast immer schwenkbar angebracht, so daß sich der Nebelstrahl der Höhe der Kulturen gut anpassen kann.

Man findet auch Konstruktionen, bei denen zusätzlich noch ein großer Luftstrom erzeugt wird, dem lediglich die Aufgabe zukommt, dem Nebelstrahl eine größere Austrittsgeschwindigkeit zu geben und ihn zu richten, ohne daß also diese Luft am Zerteilungsvorgang beteiligt wird (Abb. 259 u. 260).

Die Ausbringleistung der Großnebelgeräte beträgt 50 bis 200 Liter Nebelflüssigkeit pro Stunde.

Für das Heißnebelverfahren stehen ebenfalls kleine Raumaggregate, mittlere tragbare Geräte und fahrbare Großgeräte zur Verfügung.

Die Raumaggregate für Heißnebel sind meist Allstromgeräte, die an jedes Stromnetz angeschlossen werden können. Als Träger des Nebels dient durch Beheizung eines Wasserkessels entstehender Wasserdampf. Der Dampf wird durch eine Rohrleitung zu einer Spezialdüse geleitet; eine weitere Rohrleitung führt von der Düse in den Flüssigkeitsbehälter, aus dem die Wirkstofflösung durch den sich entwickelnden Dampf angesaugt und sehr fein und gleichmäßig vernebelt wird. Die Leistung der Dampfvernebler ist etwas geringer (25 ccm/min) als bei den elektrischen Kaltnebel-Raumgeräten.

Als tragbares Gerät ist in erster Linie eine Konstruktion bekannt, die nach dem Prinzip des Schmidtrohres arbeitet (29, 349, 428, 635). Sie sieht einen Zylinder vor, der an einem Ende offen ist und am anderen Ende durch einen Deckel

mit eingebautem Rückschlagventil verschlossen wird. Bei dem Ventil kann die Luft nur nach innen, nicht aber zurückströmen. In einer Brennkammer wird durch eine Zündkerze ein zündfähiges Benzin-Luftgemisch entzündet. Da durch die Verbrennung eine plötzliche räumliche Ausdehnung der Verbrennungsgase eintritt, entweichen diese durch das offene Ende des Zylinders. Dadurch entsteht im Zylinder ein Unterdruck, der neue Luft durch das Rückschlagventil und neuen Brennstoff ansaugt. Der gleiche Unterdruck läßt andererseits die Heißgassäule teilweise zurückschwingen, die dann das neu angesaugte Brennstoff-Luftgemisch zündet. Wenn der Verbrennungsakt einmal eingeleitet ist, wiederholt sich der Vorgang selbständig — etwa 80mal in der Sekunde —, bis der Brennstoff verbraucht ist. Der Wirkstoff wird in flüssiger Form aus einem Druckbehälter durch eine Zuleitung in das Verbrennungsrohr geleitet. Er wird in die Dampfphase überführt oder durch die im Rohr laufenden Verdichtungswellen aufgeteilt und kondensiert, entweder unter Einwirkung der normalen Lufttemperatur zu feinstem Nebel oder wird direkt in gleichmäßigen und kleinsten Nebeltröpfchen ausgebracht (Abb. 261).

Abb. 260: Nebeldüse im Luftkanal (Werkbild: Platz)

Die Heißnebel-Großgeräte sind im äußeren Aufbau den Großsprühgeräten sehr ähnlich (Abb. 262) (526, 527). Der Behälter und ein großes Gebläse mit langem, beweglichem Austrittsstutzen mit großem Querschnitt sind vorhanden — es fehlt aber die Düse. Das Ausblaserohr trägt hier ohne Verdüsung das in Dampfform

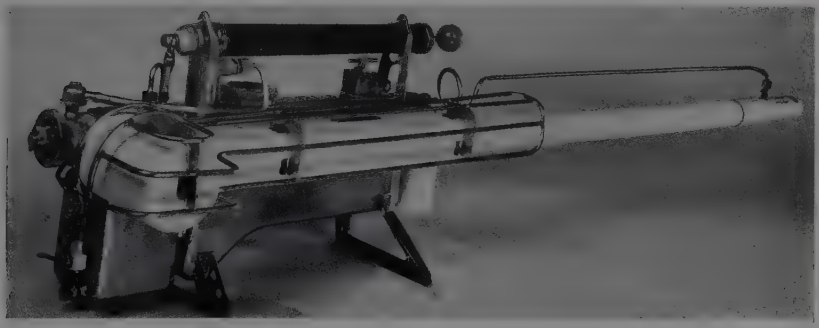


Abb. 261: Schwingfeuer-Nebelgerät. (Werkbild: Heizmotoren)

Abb. 262: Heißgas-Großnebelgerät. (Werkbild: Chiron)

zugeführte Nebelmittel in einem heißen Luftstrom aus. Die zum Schmelzen des Wirkstoffes und zu seiner Verdampfung notwendige Wärme liefert eine Heizung, oder es wird hierfür das Abgas von Verbrennungsmotoren ausgenutzt. Mit Hilfe des Ventilators wird durch den Luftstrom der aus dem Gerät austretende Nebel gebündelt, in die gewünschte Richtung gebracht und ihm eine gewisse Fahrt erteilt.

Derartige Nebelaggregate können auf vorhandene Kraftfahrzeuge, insbesondere auf oder an landwirtschaftliche Schlepper, montiert werden. Bei Heißnebelgeräten muß dafür gesorgt sein, daß durch Überhitzung keine Zersetzung des Wirkstoffes herbeigeführt wird. Die Großnebelgeräte haben sich vor allem im Forsteinsatz bewährt (Abb. 263) (512, 534).

Das Nebelverfahren hat sich auch gegenüber der Flugzeugkonkurrenz behaupten können. Ein Vorteil ist, daß für den Einsatz kaum organisatorische Vorarbeiten nötig sind. Die Haltbarkeit der Nebelniederschläge wie auch ihre Dauerwirkung sind in Abhängigkeit vom Dampfdruck der Wirkstoffe gut. Als Nachteil wurde bereits die Abhängigkeit des Verfahrens von meteorologischen Faktoren genannt. Es ist jedoch möglich, auf chemischem Wege die Absetzgeschwindigkeit des Nebels zu vergrößern, so daß die Abhängigkeit von dem größten Widersacher des Nebels — dem Wind — stark herabgesetzt wird. Stabilisatoren können eine Zersetzung der Wirkstoffe bei höheren Temperaturen in bestimmten Grenzen verhindern. Auf welche Entfernungen man mit Nebel Wirkungen erzielen kann, hängt hauptsächlich von der Dichte des Pflanzenbestandes ab. Hierbei ist eine Filterwirkung vorhanden, ähnlich wie beim Schwebstoffilter einer Gasmaske oder analog der Wirkung von absorbierenden Medien auf Lichtstrahlen. Auf die Wirkungsweite hat außerdem die Luftströmung und natürlich die vernebelte Substanzmenge einen Einfluß, schließlich auch die Empfindlichkeit der Schädlinge für den Wirkstoff.

d) Stäubeverfahren

Das Stäuben war neben dem Spritzen jahrzehntelang die am meisten angewendete Schädlingsbekämpfungsart mit chemischen Mitteln (21, 87, 151, 198, 382). Das Ausbringen staubförmiger Mittel wird auch trotz der neueren Verfahren, des Sprühens und Nebelns, mit deren Technik die Vorteile des Stäubens — die Ausschaltung von großen Wassermengen gegenüber dem Spritzen — hinfällig zu werden schienen,

stets weiterhin bei bestimmten Kulturen und Anbaulagen und bei bestimmten Wetterlagen notwendig bleiben.

Der Staub besteht aus einem neutralen Träger- oder Grundstoff, dem die Wirkstoffe der Pflanzenschutzmittel beigefügt sind. Die verschiedenen Stäube sind recht unterschiedlich in Korngröße, spezifischem Gewicht, Aufnahmefähigkeit für Feuchtigkeit, Haftfähigkeit im Gegensatz zu den flüssigen Mitteln, deren Hauptträgerstoff Wasser in den normalen Temperaturbereichen im physikalischen Verhalten weitgehend konstant ist.

Daher ist es nicht immer leicht, die Forderungen zu erfüllen, die an die technischen Vorrichtungen und an den Arbeiter gestellt werden müssen, damit der Staub wirkungsvoll verteilt wird. Die pulverförmigen Mittel müssen in möglichst gleichmäßiger und feiner Verteilung an die Pflanzen herangebracht werden, um mit einem Minimum an Wirkstoff bei ausreichendem Schutz auszukommen.

Einmal soll bei Pflanzen, die nicht in Reihen stehen, die Staubverteilung über die gesamte Arbeitsbreite erfolgen und zum anderen bei allen in Reihen angebauten Kulturen eine vermehrte Anhäufung von Staub nur an die Pflanzen kommen, um so zu verhindern, daß ein großer Teil des Wirkstoffes auf die unbewachsenen Zwischenstreifen gelangt und verloren geht. Durch eine große Arbeitsbreite sollen die Arbeitszeit verkürzt und mögliche, beim Durchfahren der Geräte entstehende mechanische Beschädigungen der Pflanzen auf ein Mindestmaß herabgesetzt werden. Man kann das Verteilungsbild, das sich neben den physikalischen Eigenschaften der Stäube aus der Ausblaseleistung und -richtung und durch die Verteilerorgane ergibt, praktisch bestimmen und eventuell durch Überlagerung eine bestmögliche Verteilung oder eine bestimmte Verteilungsart erreichen.

Abb. 263: Großnebelgerät im Forsteinsatz

Die Technik des Stäubens besteht darin, daß das Mittel in einen durch einen Winderzeuger bewirkten

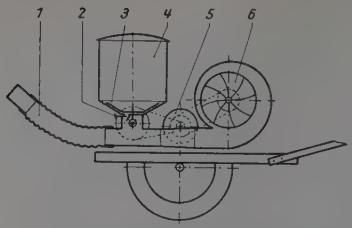


Abb. 264: Prinzipskizze des Stäubers (Biol. Bundesanstalt, Braunschweig)

Luftstrom vermittels eines Staubzuteilers mit Dosierung eingeführt und durch einen Staubverteiler ausgeblasen und auf die Kulturen verteilt wird. Die Darstellung des Prinzips zeigt die Abb. 264. Man sieht den Ventilator (6) mit dem Antriebsmotor (5). Auf dem weiten Ausblaserohr (1) am Austrittsstutzen des Ventilators ist der Staubbehälter (4) aufmontiert. Vermittels des Eigengewichtes, des Reib- oder Rührwerkes (3) und eventuell einer zusätzlichen Luftzuführung durch eine Abzweigung vom Hauptluftstrom fällt der Staub durch die Dosierungsöffnung (2) in den Hauptluftstrom und wird von ihm auf die Kulturen getragen.

α) Bauelemente der Stäubegeräte

Die Staubbehälter bestehen in der Regel aus Stahl- oder Leichtmetallblechen mit Farbanstrich oder aus verbleiten oder verzinkten Stahlblechen. Führt man den Staub druckseitig in den Luftstrom, so muß der Staubbehälter absolut luftdicht abgeschlossen sein. Bei saugseitiger Zuführung genügt ein loser Behälterverschluß. Fällt der Staub durch das Eigengewicht in den Luftstrom, muß die Behälterform so ausgebildet sein, daß der Staub dem Zuteilungsorgan durch schräge Wandungen oder durch Leitbleche zugeführt wird. Brückenbildungen und Ablagerungen von Staub im Behälter sollen vermieden werden.

Vielfältig sind die Konstruktionen der Vorrichtungen zur Staubförderung aus dem Vorratsbehälter nach dem Verteiler. Man unterscheidet zwei Arten von Staubzuteilern. Der Staub fällt entweder nach Öffnen eines Verschlusses am Boden des Behälters infolge seines Eigengewichtes aus demselben heraus — eine zuverlässige und gleichmäßige Pulverzufuhr ist hierbei nicht gewährleistet, da das Gewicht des Pulvers im Vorratsbehälter im Verlauf einer Bestäubung durch den Verbrauch dauernd abnimmt —, oder das Pulver wird zwangsweise aus dem Behälter in den Luftkanal transportiert. Solche Vorrichtungen zur zwangsweisen Pulverförderung sind hin- und hergehende bzw. rotierende Reib- oder Rührwerke oder umlaufende Bürsten, die den Staub durch die Schlitze oder Löcher des Staubbehälterbodens bringen. Auch ein sekundärer Luftstrom wird vielfach in den Staubbehälter geführt, der den Staub aufwirbelt und nachdrückt. Auch diese Einrichtungen sind von den physikalischen Eigenschaften der Pulver abhängig, so daß sie sich für das eine Bekämpfungsmittel als brauchbar erweisen und bei Verwendung anderer versagen können. Es besteht also immer die Gefahr, daß trotz eines zweckmäßig ausgebildeten Staubbehälters und trotz noch so guter Zuteilvorrichtungen ein Pulver doch zusammengeballt wird und infolge von Brückenbildungen nicht stetig nachrutscht und ungleichmäßig in den Luftstrom fällt.

Die Vorrichtungen für den Austritt des Staubes aus dem Behälter bestehen aus einem am Boden befindlichen Schlitz oder aus einer Bohrung, die durch Schieber voll- oder teilgeöffnet oder geschlossen werden kann, oder aus zwei übereinander liegenden geschlitzten oder gelochten Platten, die konzentrisch so gegeneinander ver-

stellt werden können, daß größere oder kleinere Durchlaßöffnungen für den Staub frei werden, oder auch aus einem in einer Bohrung verstelbaren Konus, der einen größeren oder kleineren Ringquerschnitt öffnet.

Durch die Möglichkeit, die Querschnitte der Schlitze oder Bohrungen hinter den Zuteilern zu verändern, wird die Dosierung der zu verstäubenden Menge erreicht. Die gleichmäßige und richtige Dosierung des Bekämpfungsmittels ist das wichtigste Problem bei Stäubegeräten.

Wo der Einbau sich vertreten läßt und die Herstellungskosten im Verhältnis zum Werte des Gerätes nicht zu hoch sind, werden rotierende Dosier-Scheiben oder -trommeln, Becherketten oder Schneckenfördervorrichtungen als Zuteiler und gleichzeitige Mengenfördereinrichtungen angewendet. Solche Einrichtungen lockern außerdem den Staub ständig auf.

Am geeignetsten sind einwandfrei arbeitende Dosiervorrichtungen, die die Ausbringmenge angeben, beispielsweise dadurch, daß der Stellhebel oder -schieber zur Regulierung vor einer Skala bewegt wird, auf der man die Staubmenge ablesen kann.

Erschwert ist eine Dosierung bei den Stäubern, die von Hand betrieben werden. Die Anzahl der Hübe in der Zeiteinheit und die Schrittgeschwindigkeit sind kaum gleich zu halten. Ermüdungserscheinungen und andere Einflüsse bewirken eine Ungleichförmigkeit in der Ausbringung der Stäubemittel. Soll eine gute Verteilung mit einem handbetätigten Stäuber erzielt werden, so erfordert dies eine gewisse Übung in der Bedienung, die ja auch bei Verwendung von ähnlichen Spritzen nicht fehlen darf.

Bei motorisch betriebenen Geräten — besonders bei fahrbaren Geräten — ist die Forderung nach einer einwandfreien Dosiermöglichkeit besser zu erfüllen. Neben der Art der Staubzuführung sind die Länge und die Krümmungen der zwischen Austrittsstutzen bzw. zwischen Staubzuteiler und -verteiler vorgesehenen Rohre oder Schläuche von Einfluß auf die Erzielung einer gleichmäßigen Luftstaubmenge an den Staubverteilern.

Als Winderzeuger werden neben den bereits bei den Sprüh- und Nebelgeräten genannten Turbogebläsen, die sich in der Hauptsache bei Motorgeräten finden, bei nichtmotorigen Geräten Blasebälge in einfacher und doppelter Wirkungsweise verwendet. Bei einfach-wirkenden Balggeräten wird, da Saug- und Druckhub sich abwechseln, ein intermittierender Luftstrom erzeugt, so daß die Blasintensität und damit die Reichweite des Staubstrahles entsprechend der Luftmengenlieferung vorübergehend nachlassen.

Das stoßweise Austreten des Staubes bei einfach wirkenden Blasebälgen ist nicht immer unerwünscht. Beim Bestäuben einzeln stehender Pflanzen (z. B. Reben), verlegt man den toten Punkt in die Arbeitspause, die beim Vorwärtsschreiten zwischen zwei Pflanzen entsteht. Bei großen Pflanzen muß der Blasebalg allerdings mehrmals in Bewegung gesetzt werden. Das stoßweise Austreten des Pulvers gestattet auch, die Staubwolke mit einer gewissen Wucht ins Innere des Bestandes zu lenken. Durch leichtes Aufwärtsbewegen des Stäuberohres beim Niederdrücken des Blasebalges wird dieser Vorgang noch gefördert. Da das Zusammenpressen des Balges beim Abwärtsdrücken des Hebels erfolgt, kann das Gewicht des Armes dabei ausgenutzt werden.

Der einfach wirkende Stäuber verursacht daher eine geringere Ermüdung als die doppelt wirkenden Typen und wird z. B. im Weinbau oft verwendet.

Bei der Behandlung von Feldpflanzen, bei denen für eine möglichst gleichmäßige Bestäubung ein ununterbrochener Luftstaub erwünscht ist, erweist sich der doppelt wirkende Typ als zweckmäßiger. Da die Bedienung eines doppelt wirkenden Blasebalges ermüdend wird, ist statt der Bälge eine nach zwei Seiten bewegliche Membrane vielfach besser. Die Bedienung erfordert weniger Kraftaufwand als bei einem Doppelbalggerät. Die Luftmenge und der Druck der austretenden Luft sind allerdings hierbei geringer.

Bei doppelt wirkenden Membrangebläsen wird dadurch, daß die Membrane bei jedem Hub ansaugt und drückt, der Luftstrom gleichmäßiger als bei einfach wirkenden Geräten, aber auch bei diesen doppelt wirkenden Gebläsetypen sind oft noch Druckstöße bemerkbar. Die von Hand oder motorisch betriebenen Turbogebläse liefern dagegen einen Luftstrom kontinuierlicher Stärke.

Die Staubzuführung in den Luftstrom erfolgt vor oder hinter dem Gebläseaustrittsstutzen. Das Pulver fällt also entweder unmittelbar hinter dem Gebläse in das Auswurfrohr, wird hier vom Luftstrom erfaßt und herausgeschleudert, oder der Staub tritt vor dem Gebläse in das Saugrohr oder in die Saugöffnung des Ventilators, wird hier mit Luft durchmischt und in das Auswurfrohr gefördert. Im ersten Falle arbeitet das Gebläse unter günstigeren Verhältnissen, da das Pulver nicht durch den Ventilator hindurchtritt. Im zweiten Falle wird leicht klumpendes Pulver besser zerteilt und ein besseres Staub-Luft-Gemisch hergestellt.

Bei axialer Staubzuführung durch das Turbogebläse erfordern die auftretenden Zentrifugalwirkungen auf den Staubluftstrom eine besondere Anordnung bzw. Unterteilung der zu den Rohren oder Schläuchen führenden Austrittsstutzen. Diese können tangential auf der Gebläseperipherie angebracht sein. Wenn nur ein Gebläsestutzen vorhanden ist, der unterteilt werden muß, so dürfen die einzelnen Auslässe nicht auf einem Kreisbogen liegen, sondern sie sollen möglichst auf einer Geraden angeordnet sein, die parallel zur Gebläseachse liegt.

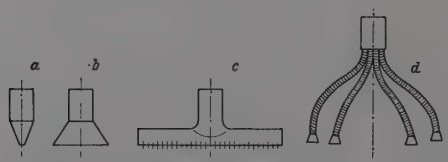


Abb. 265: Skizzen von Staubverteilern. a = Flöte, b = Fischschwanz, c = Breitstäuber, d = Vierfach-Fischschwanz (Biol. Bundesanstalt, Braunschweig)

Die Staubverteiler (21, 93, 151, 256) lassen sich schwer einheitlich ausrichten. Sie haben sehr unterschiedliche Gestalt. Man bevorzugt Rohrformen, die an der Mündung spitz zulaufen („Flöte", Abb. 265 a) oder sich in Dreieckform flach verbreitern („Fischschwanz", Abb. 265). Abb. 266 und 267 zeigen zwei praktische „Fischschwanz"-Ausführungen als einfachen bzw. doppelten Verteiler. Wird eine Dreieckswand des Fischschwanzes weggelassen, so kommt man zu einer ebenfalls öfter verwendeten Löffelform.

Die Staubverteiler für kleinere und mittlere Geräte sind meist in einfacher Weise auf Rohre aufzustecken oder an Schläuche zu befestigen, die mit dem Ausblasestutzen verbunden sind. Mit gleichartigen Verlängerungsrohren kann die Verbindung zwischen Gebläsestutzen und Verteiler beliebig lang gehalten werden.

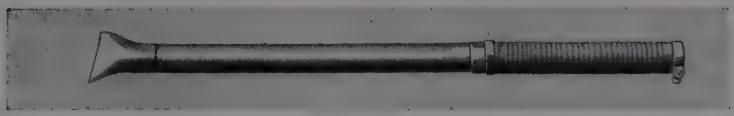


Abb. 266: Einfache Staubverteilung mit Fischschwanzmündung. (Werkbild: Schulze-Eckel)

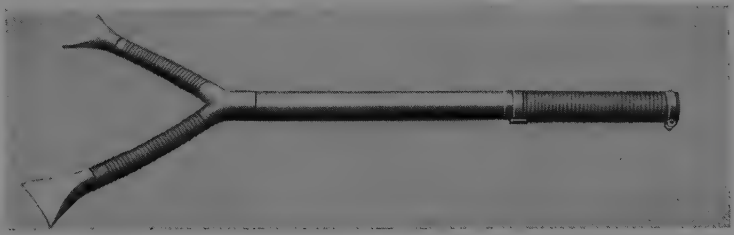


Abb. 267: Zweifache „Fischschwanz"-Staubverteilung. (Werkbild: Schulze-Eckel)

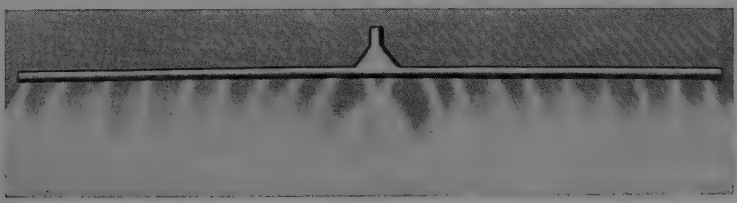


Abb. 268: Breitstäuberohr. (Werkbild: Schulze-Eckel)

Bei Großgeräten (Baumbestäubung) werden zylindrische Rohre mit einer der Gebläseleistung entsprechenden lichten Weite schwenkbar angeordnet.

Größere Gewähr für eine gleichmäßige Bestäubung von Pflanzenreihen hat man bei Auflösung des Gesamtluftstaubstromes in Einzelströme. So benutzt man für Feldstäubungen handtragbare Breitstäuberohre (Abb. 265 c und 268). An fahrbaren Feldgeräten ordnet man horizontal über den Kulturen liegende Rohre oder Balken an, die einen durchgehenden Schlitz haben, der auch in der Breite verschieden einstellbar ausgeführt wird oder über deren Länge Bohrungen gleichmäßig verteilt sind. Die Bohrungen erweitern sich bei manchen Ausführungsformen nach den Rohrenden hin. Dadurch wird erreicht, daß trotz des nach den Rohrenden hin abnehmenden Luftdruckes das Luftstaubgemisch gleichmäßig verteilt wird, daß es also nicht aus den in der Nähe der Einlaßöffnung liegenden Bohrungen in größerer Menge austritt als aus den Löchern, die weiter außen liegen. Horizontale Staubverteiler oder -balken können auf diese Weise — wenn auch Luft- und Staubmenge richtig aufeinander abgestimmt sind — eine recht gute Staubverteilung bewirken.

An den ausländischen Geräten (43, 268, 269, 320, 336, 359, 382, 403, 513, 532, 637) finden sich im Abstand von einander verstellbare Öffnungen. Die Staubverteilerrohre sind auch hier oft nicht starr mit der Maschine verbunden, sondern bewegen sich oszillierend um ihre Längsachsen, so daß die Pflanzen aus verschiedenen Richtungen von der Staubwolke getroffen werden. Die Hin- und Herbewe-

Abb. 269: Handstäuber (mit Luftpumpenbetätigung) im Gewächshauseinsatz (Biolog. Bundesanstalt)

gung der Staubverteilerrohre wird durch exzentrische Anlenkung an die Laufräder erreicht. Bei manchen Geräten werden Verteilerköpfe verwendet, an die verstellbare Schläuche mit kleinen Fischschwanzverteilern angeschlossen sind, die an den einzelnen Pflanzenreihen endigen (Abb. 265).

Die Blaserichtung bei Stäubegeräten ist durch Handführung der Staubverteiler mit den Ausbringrohren oder -schläuchen bestimmt. Bei fester Anordnung der Staubverteiler gibt es neben den Ausblaserohren in Geh- oder Fahrtrichtung auch seitlich liegende Ausblasestutzen mit entsprechender seitlicher Blaserichtung in der Stutzenachse (z. B. Tragstäuber Abb. 279 u. 280). Leitbleche sind als Vorsätze vor die Staubverteiler für die Lenkung des Staubes u. U. wichtig.

β) Gerätetypen

Handverstäuber (Abb. 269) gibt es in verschiedenen und recht zweckmäßigen Ausführungen. Diese billigen, kleinen Geräte rechtfertigen kaum noch die Benutzung behelfsmäßiger Beutel aus staubdurchlässigem Stoff oder die Anwendung feinmaschiger Siebe, da hierbei oft viel Mittel vergeudet wird. Abb. 71 zeigt eine Aufnahme einiger alter Handstäuber, die sich heute im Deutschen Weinmuseum in Trier befinden. Zuerst wurde der Blasebalg gleichzeitig als Vorratsbehälter benutzt (erstes Modell links). Bei den anderen Modellen ist ein kleiner Materialbehälter zu erkennen. Diese alte Ausführungsart des Handstäubers mit Materialbüchse mit Öffnungen, durch die der durch einen Blasebalg erzeugte und mit Staub sich mischende Luftstrom ausgetrieben wurde, wird im Prinzip — wenn auch in gefälligerer und handlicherer Form — immer noch, auch bei neuzeitlichen Geräten, verwendet (Abb. 270).

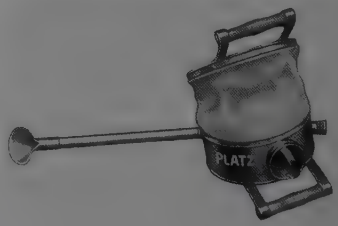


Abb. 270: Handstäuber mit einfach wirkendem Blasebalg. (Werkbild: Platz)

Abb. 271: Schüttel-Handstäuber. (Werkbild: Hako)

Neben wenigen luftpumpenartigen Ausführungen findet man heute meist einen der Materialbüchse unmittelbar aufgesetzten kleinen Gummi-Blasebalg als Lufterzeuger.

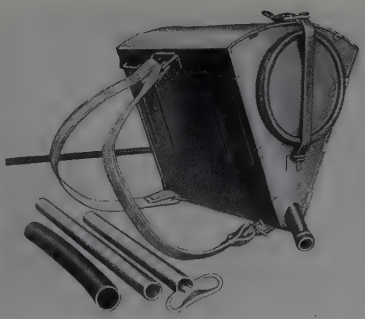


Abb. 272: Tornisterförmiger Rückenstäuber (mit verdeckter, doppelt wirkender Klappe). (Werkbild: Platz)

Die Behälter haben entweder einfache Bohrungen für den Staubaustritt oder feste oder aufsetzbare Verstäuberohre mit Verteilern. Der Balg wird entweder durch Hebel ruckartig betätigt oder durch leichtes Schütteln bewegt und der Staub auf diese Weise ausgebracht. Abb. 271 zeigt ein Gerät aus Bakelite, das durch Handschütteln bedient wird. Sogar Verreibungs- und Reguliervorrichtungen sind bisweilen bei diesen kleinen Geräten schon vorgesehen.

Das Fassungsvermögen bei den Handgeräten beträgt 0,8 bis 2 cdm. Die ersten Modelle der handbetätigten rückentragbaren Stäuber hatten zylindrische Form. Später wurden tornisterförmige (Abb. 272) und elliptische Formen (Abb. 273) bevorzugt, die ein besseres Auflegen auf den Rücken ermöglichten. Aus dem Vorratsbehälter fällt der Staub in den darunter liegenden Luftraum oder unmittelbar in den mit einem Blasebalg in Verbindung stehenden Luftaustrittsstutzen. Abb. 274 zeigt die Skizze eines handbetätigten Balggerätes.

Abb 273: Elliptischer Rückenstäuber (mit einfach-wirkendem Blasebalg). (Werkbild: Platz)

Der oben oder rückwärts am Behälter oder auch in einem abgeteilten Raum des Behälters innen angebrachte einfach oder doppelt wirkende Leder- oder Gummiblasebalg (Abb. 275) wird durch einen seitlichen Hebel mit der rechten Hand betätigt und das Stäuberohr mit aufgesetztem Verteiler mit der linken Hand geführt. Der Hebel für den Betrieb des Blasebalges dient gegebenenfalls gleichzeitig als Antrieb eines Reib- oder Rührwerkes am Behälterboden (Abb. 276). Die Einfüllung des Materials erfolgt durch eine möglichst weite Öffnung mit gut verschließbarem Deckel seitlich oder

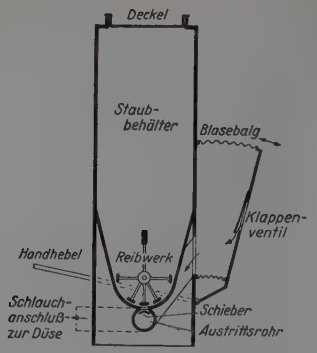


Abb. 274: Skizze eines handbetätigten Blasebalg-Stäubegerätes (nach Gallwitz)

oben auf dem Behälter. Die Entleerung von Materialresten kann durch eine oben angebrachte Öffnung leichter erfolgen als durch eine seitliche.

Die Staubfüllung bei handbetätigten rückentragbaren Stäubegeräten beträgt 8 bis 12 cdm (Gesamtgewicht 16 bis 20 kg). Die Tagesleistung beträgt 1,5 bis 3 ha.

Abb. 275: Doppelt wirkender, handbetätigter Rückenstäuber (Membrangebläse). (Werkbild: Holder)

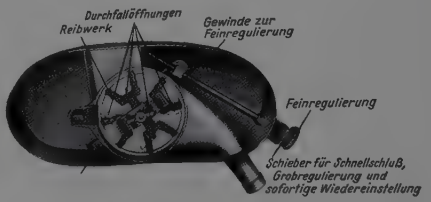


Abb. 276: Reibevorrichtung eines handbetätigten Rückenstäubers

Die Verwendung eines handbetätigten Ventilators zur Erzeugung des Luftstromes machte bei Rückengeräten infolge des erforderlichen ständigen Drehens einer Kurbel Schwierigkeiten, so daß sich handgetriebene Ventilatorgeräte in der Hauptsache als vorne auf dem Leib getragene Stäuber vorfinden (Abb. 277). Das Drehen der Kurbel, durch die gleichzeitig ein Reib- oder Rührwerk in Bewegung gesetzt wird, läßt sich aber auf die Dauer nicht gleichmäßig schnell durchführen. Bei einem Turbogerät für Handbedienung verzehrt sich auch ein großer Teil der Arbeitsleistung im Gerät, da das notwendigerweise stark übersetzende Zahnrad- oder Schneckengetriebe mehr Kraft beansprucht als das Turborad.

Die Staubfüllung bei vorne tragbaren Geräten beträgt bis 8 cdm (Gesamtgewicht bis 15 kg).

Motorangetriebene Ventilatoren in Rückengeräten sind in neuerer Zeit bei den viel benutzten rückentragbaren Motor-Sprüh- und -Stäubegeräten zu finden, die fast ausnahmslos als Umbaugeräte vom Motor-Sprühgerät zum gleichzeitig rückentragbaren Motor-Stäubegerät oder umgekehrt konstruiert worden sind (Abb. 278, vgl. S. 405 und 406 und Abb. 238). (Tagesleistung 8 bis 15 ha) (638, 640). Sie haben alte Ausführungen von rückentragbaren Nur-Motorstäubern verdrängt.

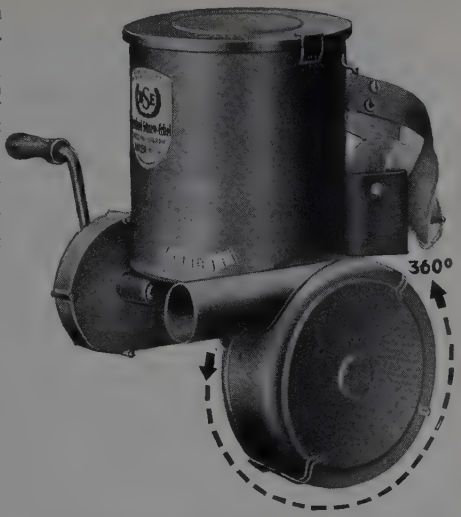


Abb. 277: Auf dem Leib tragbarer, handbetätigter Getriebe-Stäuber mit Turbogebläse (um 360° schwenkbar) (Werkbild: Schulze-Eckel)

Zur Erhöhung der Leistung sind Stäubegeräte gebaut worden, die von zwei Mann getragen werden können, die Motortragstäuber. Motor, Ventilator und Staubbehälter sind hinter- oder nebeneinander auf einem Zweimann-Traggestell angeordnet. Das Staubluftgemisch wird nach der Seite ausgeblasen, damit die Bedienungsleute nicht belästigt werden. Die Traggriffe sind vielfach als Drehgriffe ausgebildet. Durch eine Drehbewegung können Staubzuführung und Druckluft reguliert werden. Eine offene und eine geschützte Bauweise eines Tragstäubers sind in den Abb. 279 und 280 zu sehen. Die glatte Form (Abb. 280) soll ein Hängenbleiben an Zweigen und Ästen verhindern. Durch die Einkapselung sollen Motor und Gebläse vor Verschmutzungen geschützt und Unfallgefahren weitgehend ausgeschaltet werden.

Abb. 278: Rückentragbares Motorstäubegerät. (Werkbild: Heizmotoren)

Tragbare Motorstäuber sind überall dort einsetzbar, wo die Leistung des Rückenstäubers nicht mehr ausreicht oder wo ein fahrbares Stäubegerät nicht eingesetzt werden kann. Wenn die Einsatzmöglichkeit für ein fahrbares Gerät besteht, so können auch bei Motortragstäubern die Tragholme abgenommen und das Aggregat

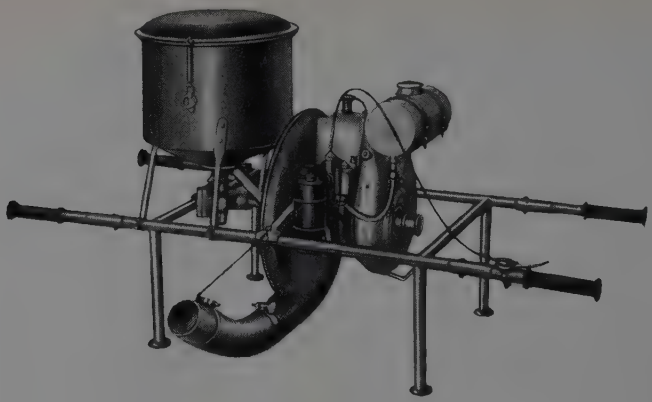


Abb. 279: Offener Motortragstäuber. (Werkbild: Schulze-Eckel)

kann auf ein leichtes Fahrgestell gesetzt werden. Das Gerät kann als Motorstäuber von einem Mann bedient werden; die Lohnkosten für den zweiten Mann fallen fort. Das Fassungsvermögen an Staub beträgt bei Zweimann-tragbaren Motorstäubern 20—30 cdm, das Gesamtgewicht 50 bis 65 kg (Tagesleistung 15 bis 25 ha).

Fahrbare motorlose Stäubegeräte sind heute fast ausnahmslos durch Motorgeräte oder Schleppergeräte ersetzt worden.

Die ehemaligen handfahrbaren Stäuber, bei denen tragbare Blasebalgtypen auf ein einräderiges Fahrgestell gesetzt worden waren, erforderten einen erheblichen Kraftaufwand und waren schwierig zu bedienen. Das stoßweise Austreten des Pulvers und die Schwierigkeit, sich stets genau auf die Abhängigkeit der Ausbringmenge je Fläche von der Fahrgeschwindigkeit einzustellen, waren ungünstig. Die Leistung war zu gering.

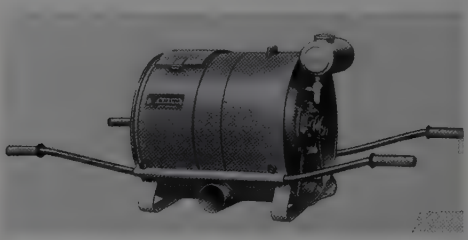


Abb. 280: Verkleideter Motortragstäuber. (Werkbild: Blasator)

Bei den pferdefahrbaren motorlosen Stäubern wurde die benötigte Luftmenge anfangs auch durch einen oder mehrere Blasebälge erzeugt, später durch Ventilatoren, die vom Laufrad aus angetrieben wurden. Nach Pulverzuführung, Reibe- und Rührvorrichtung, Regulierbarkeit entsprachen sie dem allgemein bei Stäubern üblichen Aufbau.

Der Luftstrom war auch bei diesen pferdefahrbaren motorlosen Ventilatorgeräten für eine rentable Bestäubung zu schwach. Für brauchbare Leistungen mußten entweder die Ventilatorabmessungen zu groß gehalten werden, oder schnellaufende Ventilatoren erforderten eine Übersetzung zwischen Laufrad und Gebläsewelle, die dann zuviel an Leistung verzehrte.

Abb. 281: Motorfeldstäuber. (Werkbild: Platz)

Die Entwicklung der fahrbaren Motor-Stäubegeräte mit Eigenantrieb des Stäubeaggregates erfolgte etwa parallel mit der Entwicklung gleichartiger Spritzen (97, 564). Das Aggregat, also der Vorratsbehälter und das Gebläse sowie der Motor zum Antrieb des Gebläses, ist auf ein Gestell oder auf einen Rahmen fest aufmontiert. Je nach dem Verwendungszweck ist das Gestell oder der Rahmen mit der Verstäubevorrichtung auf eine oder auf zwei Achsen gestellt. Solche Fahrgestelle können auf Wunsch von den Herstellerfirmen gesondert geliefert werden. In anderen Fällen wird nicht ein gesondertes Fahrgestell verwendet, sondern die Stäubeaggregate werden auf vorhandene Fahrzeuge — Karren, Pferdefuhrwerke, Autochassis, Vielfachgeräte, Schlepper (ohne Zapfwelle) — anmontiert oder aufgestellt. Gegenüber den pferdefahrbaren radangetriebenen Stäubeaggregaten ist bei den gespanngezogenen Motorstäubern eine geringere Zugkraft nötig. Eine Steigerung der Flächenleistung ist kaum zu erreichen, da die

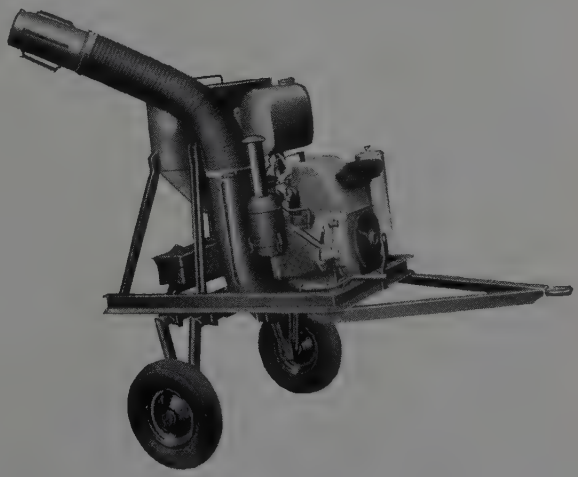


Abb. 282: Großverstäuber als Anhängegerät an Schlepper. (Werkbild: Schulze-Eckel)

Abb. 283: Großverstäuber als Aufsatzgerät für den Unimog.
(Werkbild: Schulze-Eckel)

Flächenleistung von der Schnelligkeit der Vorwärtsbewegung und der Breite der bearbeitbaren Fläche abhängig ist.

Die gespanngezogenen Motorstäuber kommen in der Hauptsache für die Feldbearbeitung in Frage. Abb. 281 zeigt einen Motorfeldstäuber. Stäubebehälter und Ventilator und das charakteristische weit ausladende Feldstäuberohr mit großem Querschnitt für die nötige Luftmenge sind auf der Abbildung zu sehen. Gut ist der zweckmäßige Radschutz.

Bei Bestäubung hoher Kulturen wird meist nur ein von einer Zugmaschine gezogener Motorstäuber mit eigenem Antrieb eines leistungsstarken Aggregates verwendet werden können — sofern nicht ein von einer Schlepperzapfwelle angetriebenes Anhänge- oder Aufbaugerät vorgezogen wird —, denn nur eine große motorische Kraft erzeugt einen genügend starken Luftstrom, um das pulverförmige Mittel in die notwendige Höhe zu schleudern und die Pflanzen allseitig mit Pulver zu bestäuben.

Um die Fortbewegung des Stäubers von einem Zugtier oder von einer Zugmaschine unabhängig zu machen, lassen einige Firmen auch die Räder des Fahrgestelles von Motorkraft bewegen. Bei diesen selbstfahrenden Motorstäubegeräten werden Fahrzeug und Stäubeeinrichtung entweder von zwei voneinander getrennt arbeitenden Motoren angetrieben, oder man verwendet eine gemeinsame Antriebsquelle. Der gemeinsame Antrieb hat betriebswirtschaftliche Vorteile; da aber — besonders unter schwierigen Geländeverhältnissen — die Motoren-Drehzahl je nach der Beanspruchung mehr oder weniger stark schwankt, ist hierbei nicht immer gleichmäßige Staubausbringung zu erreichen.

Im Zuge der Weiterentwicklung des Stäubeverfahrens und seiner Anwendungstechnik wurden dann — ebenso wie für die übrigen Pflanzenschutzverfahren — Stäuber konstruiert, die als Zusatzeinrichtungen zu anderen motorisierten Maschinen verwendet werden können. Aus betriebswirtschaftlichen Gründen sind diese fahrbaren Aufbau- oder Anhänge-Stäubegeräte mit

Fremdantrieb des Stäubeaggregates durch die Zapfwelle eines Schleppers oder eines Geräteträgers in den Betrieben sehr zu begrüßen, die bereits über solch eine Zugmaschine verfügen. Sie werden so bestmöglich ausgenutzt (Abb. 282 und 283).

Zu den Aufbaugeräten mit Fremdantrieb gehören die Stäubeaggregate, die auf Tragschlepper oder Geräteträger mit Zapfwellenanschluß aufmontiert sind.

Der Schlepper mit Zapfwelle eignet sich aber auch in erster Linie wieder als Zugmaschine für Anhängegeräte. Die verschiedensten Typen von Anhängestäubern sind zu den Besonderheiten dieses Schleppertypes passend konstruiert worden.

Der Vorteil in der Vereinigung von Schlepper mit Stäuber liegt besonders darin, daß nur ein Mann zur Bedienung vom Führersitz aus erforderlich ist. Sämtliche Bedienungshebel lassen sich von dort erreichbar anbringen. Die Staubzuführung ist vom Führersitz aus zu regulieren und das Staubausstoßrohr kann vom Sitz aus in jede gewünschte Richtung gelenkt werden.

Die großen Kraftreserven, die die meisten Schlepper oder Geräteträger haben, gewährleisten außerdem auch bei unregelmäßigem Gelände eine gleichbleibende Umdrehungszahl der Zapfwelle. Infolge der verschiedenen Schlepper-Gänge kann die Fahrgeschwindigkeit den örtlichen Verhältnissen angepaßt werden.

Das Großstäubegerät ist da am Platz, wo besondere Anforderungen an die Leistungsfähigkeit gestellt werden; also beispielsweise im Forst (hohe Bäume). Die Großstäuber kommen ferner zur Bekämpfung von Schädlingen in ausgedehnten Kulturen und in wasserarmen Gegenden in Frage. So verwendet man vielfach in ariden und semiariden Ländern Großstäubegeräte zur Schädlingsbekämpfung, doch setzt sich auch dort mehr und mehr das Sprühen durch.

Das Fassungsvermögen der Staubbehälter bei Großgeräten beträgt 50 bis 150 cdm, außerdem können bei Schleppern oder Geräteträgern noch zusätzlich größere Mengen an Mitteln in anmontierten Zusatzbehältern oder auf einer Plattform mitgeführt werden.

Im Durchschnitt kann man mit Tagesleistungen von 25 bis 35 ha unter günstigen Verhältnissen rechnen. Die Fläche, die von einem Motorstäuber an einem Arbeitstag bearbeitet werden kann, richtet sich naturgemäß nach der Beschaffenheit des Geländes, nach der Höhe und Dichte des Bestandes, in dem die Bestäubung durchgeführt wird, nach der Durchführungsart der Verstäubung, der Leistungsfähigkeit des verwendeten Apparates und nach den erforderlichen Arbeitspausen.

e) Kombinierte und kombinierbare Pflanzenschutzgeräte

Mit zunehmender Technisierung der Pflanzenschutzmaßnahmen bestand die Tendenz, die verschiedenen Bekämpfungsverfahren — zumindest bei Verwendung von Mittel- und Großgeräten — möglichst mit einem Gerät zu bewältigen. Als erste kombinierte Geräte wurden im Zuge dieser Entwicklung fahrbare Spritz-Stäuber konstruiert. Spritzen und Stäuben konnten mit diesen Geräten durch entsprechende Schaltung getrennt ausgeführt werden. In anderen Fällen war gleichzeitig Sprühen und Stäuben möglich. Damit ließen sich zwei Bekämpfungsmaßnahmen vereinigen, oder man konnte beim Stäuben durch Zuspritzen von Wasser

Tabelle 1

Übersicht über den Leistungsbereich der verschiedenen Typen der Spritz-, Sprüh-, Nebel- und Stäubegeräte

Geräte			Behältervolumen l	Gewicht (leer) kg	Gebläseleistung m^3/h	Ausbringmenge l/min bzw. kg/min	Tagesleistung ha/Tag
Spritzgeräte	Mittelgeräte	Rückenspritzen (Gartenbau)	10—20	8—13	—	0,5—1,5	1—3
		handbetätigte Karrenspritzen (Obstbau)	50—150	45—90	—	2,0—7,0	0,1—1,5
		Motorkarrenspritzen (Obstbau)	50—150	45—90	—	10,0—20,0	0,2—7,5
	Großgeräte	Gespannspritzen (Feldbau)	200—300	190—220	—	6,0—25,0	6—8
		Aufbau- u. Anhängespritzen (Feldbau)	300—600	240—300	—	15,0—100,0	20—30
		(Obstbau)	600—2000	460—650	—	15,0—100,0	1—22
Sprühgeräte	Mittelgeräte	(mit Radialgebläse: Weinbau)	10—15	15—18	300—550	0,2—3,5	2—3
		(mit Kompressor: Weinbau)	30—50	40—60	12—15	0,5—3,5	2—3
	Großgeräte	Aufbau- u. Anhängegeräte (Feldbau)	200—500	250—300	2000—6000	0,5—20,0	15—30
		(Obstbau)	200—1500	250—900	3000—7200	6—12	5—25
Nebelgeräte	Kleingeräte	Raumaggregate	1—2	6	—	0,04—0,3	—
Kaltnebel	Mittelgeräte		etwa 10	etwa 18	etwa 300	0,1—0,3	2—8
	Großgeräte	(mit Radialgebläse) Aufbau- u. Anhängegeräte	etwa 200	350—900	etwa 3800	1,0—3,5	40—80
		(mit Kompressor)	etwa 200	350—900	etwa 100	1,0—3,5	40—80
Heißnebel	Kleingeräte	Raumaggregate	1—2	3—5	—	0,025	—
	Großgeräte	Aufbau- u. Anhängegeräte	10—15	etwa 250	etwa 2000	0,2—0,3	30—150
Stäubegeräte	Mittelgeräte	handbetätigte Geräte	10—15	5—8	—	0,3—0,7	1,5—3,0
		motorgetriebene Geräte	8—10	15—18	300—550	etwa 0,7	8—15
		Motortragstäuber	20—30	25—40	etwa 1400	2—3	15—25
	Großgeräte		50—150	etwa 200	etwa 4500	3—5	25—35

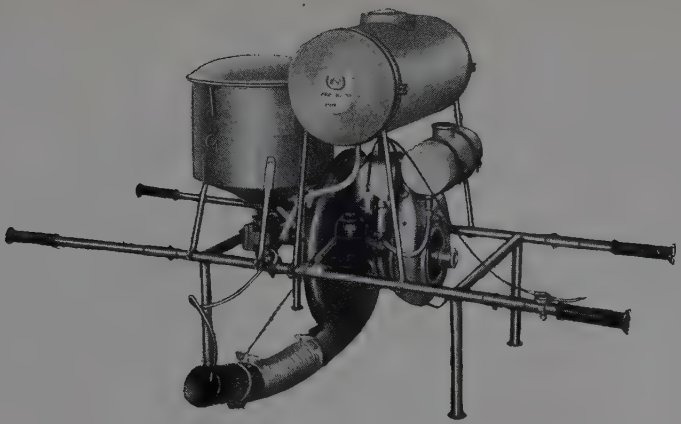


Abb. 284: Kombiniertes Motor-Stäube-Sprüh-Gerät. (Werkbild: Schulze-Eckel)

das Mittel besser auf die Kultur niederschlagen. In neuester Zeit werden auch tragbare Geräte mit entsprechenden Einrichtungen ausgerüstet. Das Naßstäuben verlangt für die Erzielung einer ausreichenden biologischen Wirksamkeit eine sehr genaue Abstimmung der erforderlichen Flüssigkeitsmenge auf die nötige Staubmenge. Die Beurteilung dieses Verfahrens ist noch nicht einheitlich.

Solange die Bauelemente für die Spritz-Stäuber, der gemeinsame Antriebsmotor, die Pumpe, das Gebläse, der Brühebehälter, der Staubbehälter, das Spritzorgan und

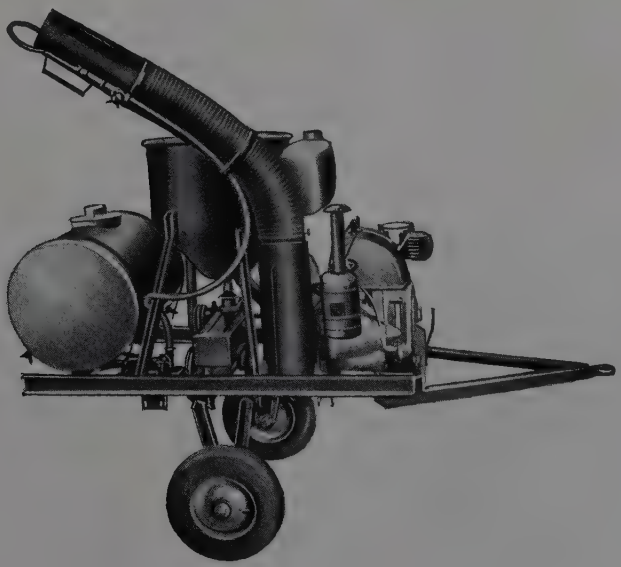


Abb. 285: Großgerät als kombiniertes Stäube-Sprühgerät. (Werkbild: Schulze-Eckel)

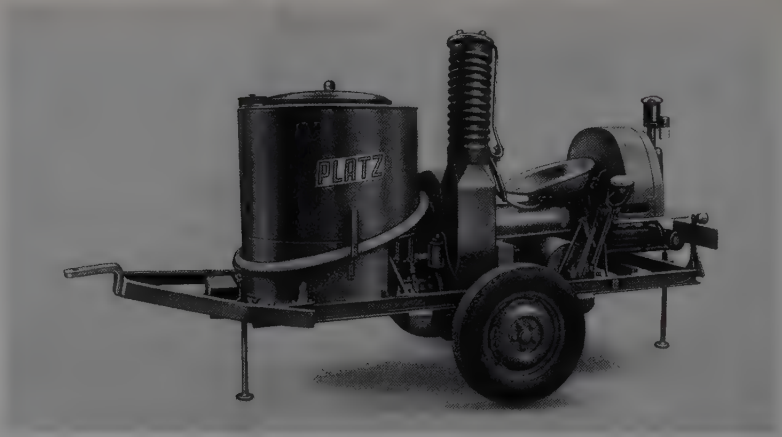


Abb. 286: Universal-Großgerät zum Sprühen, Nebeln und Stäuben. (Werkbild: Platz)

der Staubverteiler noch einzeln aber gemeinsam auf ein Gestell aufmontiert wurden, entstanden recht schwere und wenig ansprechende Apparate. Durch Zusammenlegen einiger der bisher getrennt gebauten Elemente — das Gebläse wurde anstelle der Pumpe mit dazu benutzt, den Spritzbehälter unter Druck zu setzen, um so die Flüssigkeit auszubringen, die Mittelbehälter erhielten durch Ineinanderschachteln äußerlich ein einheitliches Aussehen, Stäube- und Spritzrohr ließen sich bei der Kombination als ein Rohr ausbilden — wurden nach und nach sehr zweckmäßige kombinierte Geräte geschaffen (Abb. 284, 285 u. 286).

Die Aggregate, die mehrere Funktionen gleichzeitig erfüllen sollen, wurden dann durch die kombinierbaren Geräte noch verbessert und ihr Anwendungsbereich durch Kombination auch mit dem Sprühen und Nebeln stark erweitert. Diese Konstruktionen sehen durch die Möglichkeit, nur die unumgänglich notwendigen Teile, die jeweils für die verschiedenen Verfahren andersartig sein müssen, in einfacher Weise auszuwechseln, die gewünschte verschiedenartige Anwendung für ein- und dasselbe Grundgerät vor. Rahmen, Fahr- oder Traggestell und Antrieb sind in jedem Fall bei allen kombinierbaren Geräten die gleichen (Abb. 287 und 288). Der Wechsel vom Stäuben zum Sprühen geht z. B. bei dem in Abb. 288 gezeigten Gerät ohne großen Umbau vor sich. Der Brühebehälter wird in den Staubbehälter

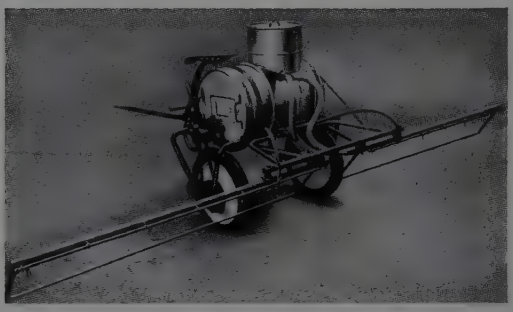


Abb. 287: Feldverstäuber als Auswechselgerät (gegen Feldspritze Abb. 132). (Werkbild: Mauser)

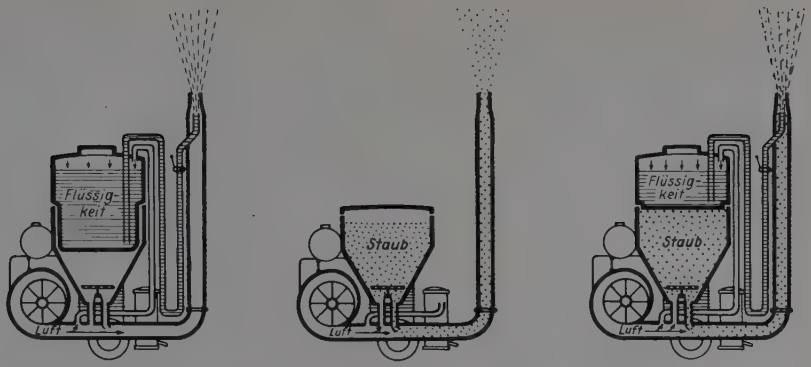


Abb. 288: Kombinierbares, rückentragbares Motor-Gerät, a) als Sprüher, b) als Stäuber und c) als Naßstäuber (vergl. auch Abb. 166 und 205)

eingesetzt und genau wie der Deckel desselben mit einem Klemmverschluß befestigt. Nach Auswechseln des Staubverteilerstückes gegen den Sprühkopf kann gesprüht werden (siehe hierzu auch Abb. 238 u. Abb. 278). Man findet so die Kombination Spritzen — Stäuben, Sprühen — Stäuben, Sprühen — Nebeln sowie die dreifache Kombinationsmöglichkeit Sprühen — Nebeln — Stäuben in vielen Typen von tragbaren und fahrbaren Geräten.

f) Anwendung von Pflanzenschutzmitteln aus der Luft

α) Stäuben vom Flugzeug aus

Die Verwendung von Flugzeugen bei der Schädlingsbekämpfung setzte mit dem Aufkommen des Flugwesens ganz zwangsläufig ein. Bei der raschen Entwicklung von schädlichen Insekten unter günstigen Bedingungen, wie sie ihnen besonders durch den Anbau von bestimmten Kulturpflanzen auf ausgedehnten und zusammenhängenden Flächen geboten werden, und bei der besonderen Anfälligkeit der Insekten in bestimmten Entwicklungsstadien muß die Bekämpfung schlagartig und in möglichst kurzer Zeit durchgeführt und abgeschlossen sein. Bekämpfungsmaßnahmen gestalten sich auf ausgedehnten Befallsflächen immer schwierig, wenn die notwendigen Arbeitskräfte und Geräte nicht in der erforderlichen Zahl zur Verfügung stehen. Vermehrt werden diese Schwierigkeiten, wenn es sich um dichte oder hohe Bestände, wie z. B. Forsten, handelt. In diesen Fällen mußte das Flugzeug ein willkommener Helfer sein.

Da bei der Verwendung von Spritzmitteln ein verhältnismäßig großer Ballast durch Mitführen des Lösungsmittels in Form von Wasser unvermeidlich war, konnte beim Stande der Schädlingsbekämpfungstechnik und des Flugwesens am Anfang des 20. Jahrhunderts das Ausbringen von Spritzmitteln vom Flugzeug aus kaum wirtschaftlich sein. So begann der „Luftkampf gegen Schädlinge" zunächst mit dem Verstäuben, nachdem wirksame, staubförmige Mittel soweit entwickelt waren, daß bei ihrer Anwendung ein Erfolg zu erwarten war. Die technischen Probleme für den Einsatz eines Flugzeuges als Stäubegerät waren lösbar, besonders nachdem die Flugzeuge während des ersten Weltkrieges einen gewaltigen Aufschwung in ihrer Entwicklung erfahren hatten.

Die ersten Versuche zum Einsatz von Flugzeugen wurden in Amerika im Jahre 1921 mit dem Ziele unternommen, in Obstplantagen Raupen zu bekämpfen. Das sonst übliche Bekämpfungsverfahren vom Boden aus erschien bei dem außerordentlich starken Befall aussichtslos (35, 398, 553). Schon 1925 gab es in Amerika eine Reihe von Unternehmen, die sich gewerbsmäßig mit dem Betrieb von Flugzeugen in der Farm- und Waldwirtschaft befaßten. Es lag also in der Natur der Sache, daß auch die technische Seite des Verfahrens zunächst in Amerika entwickelt und verbessert wurde (33, 47, 389).

Bei den ersten Versuchen zur Schaffung der technischen Grundlagen für dieses neue Bekämpfungsverfahren wurden noch keine besonderen Verstäubevorrichtungen benutzt, sondern staubförmige Gifte in Säcken in das Flugzeug verladen und während des Fluges über den zu bestäubenden Beständen entweder über Bord ausgestreut oder die Säcke wurden durch eine Öffnung im Boden des Flugzeuges von dem Beobachter ausgeleert (47, 239). Natürlich konnte damit keine auch nur einigermaßen gleichmäßige Verteilung des Giftstaubes auf den Beständen erzielt werden. Es zeigte sich, daß zum Erreichen einer gleichmäßigen Verstäubung besondere Vorrichtungen zum Abwurf und zur Verteilung des Giftstaubes notwendig waren.

Zunächst wurden an der Außenseite des Flugzeuges neben dem Beobachtersitz Staubbehälter aus Metall befestigt. Diese Behälter waren am unteren konisch verjüngten Ende mit einem Schieber abgeschlossen. Oberhalb des Schiebers war im Innern ein Schaufelrad angebracht, dessen Achse an der Außenwand des Staubbehälters ein Zahnrad trug. Das Zahnrad wurde mit Hilfe einer Gliederkette und eines Kurbelrades am oberen Rande des Behälters von dem Flugbegleiter während des Streufluges mit der Hand bedient. Das herausfallende Streugut wurde vom Luftstrom erfaßt, zu einer Wolke verteilt und legte sich auf die zu bestäubende Fläche. Als Hauptmangel zeigt sich, daß sowohl der Flieger als auch sein Begleiter, der den Verstäubungsapparat zu bedienen hatte, von der entwickelten Giftstaubwolke, die am Flugzeugrumpf emporstieg, belästigt wurden, und daß ihnen jede Sicht nach der Seite und nach unten genommen wurde.

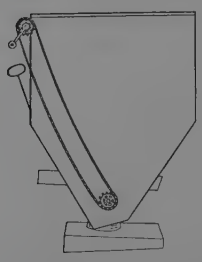


Abb. 289: Am Flugzeug seitlich angebrachter Verstäuber-Kasten mit Verteiler (nach Voelkel)

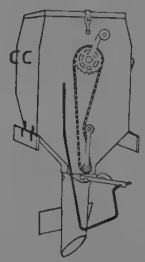


Abb. 290: Verstäuber-Kasten im Innern eines Flugzeugs (nach Voelkel)

Durch Anbringen eines Verteilers in Düsenform unterhalb der Austrittsstelle (Abb. 289), durch den der Fahrwind hindurchstrich und das herausfallende Pulver mitriß, wurde erreicht, daß das Pulver besser vom Flugzeugrumpf weggehalten wurde. Der Staubbehälter wurde dann in das Innere des Flugzeuges in den Raum des Beobachters oder zwischen Pilot und Beobachter verlegt (Abb. 290). Das nach unten zu verjüngte Ende des Behälters wurde durch den Boden des Flugzeugrumpfes hindurchgeführt und endete hier als ein nach hinten zu abgeschrägtes Rohr. Um das unerwünschte Heraustreten von Giftstaub durch den beim Flug entstehenden Sog am unteren Ende des Austrittsrohres zu verhindern, wurde am Boden des

Behälters ein Verschlußschieber angebracht, der erst kurz vor Betätigung der Fördervorrichtung (Schaufelrad) mit Hilfe eines Gestänges geöffnet wurde.

Es gelang auch so noch nicht, das Pulver gleichmäßig und restlos aus dem Staubkasten zu entleeren. Nach teilweiser Entleerung des Behälters entstand in diesem während des Fluges ein Luftwirbel, der dem Austreten des Staubes aus dem Kasten entgegenwirkte. Der herausgeförderte Staub wurde auch immer noch nicht genügend vom Flugzeug weg in Richtung Boden gedrückt. Ein schmaler Schlitz, der an der Vorderseite des Auslaßstutzens gleich unterhalb des Bodens des Flugzeugrumpfes angebracht wurde, behob diesen Mangel nur teilweise.

Um dem während des Austritts des Pulvers beim Stäuben entstehenden Unterdruck im Staubkasten, der die gleichmäßige Förderung des Pulvers verhinderte, entgegen zu wirken, wurde ein Rohr von oben her durch den Kasten hindurchgeführt, das in einem bestimmten Abstand über der Auslaßöffnung innerhalb des Kastens endete. Das andere offene Ende dieses Rohres war trichterförmig erweitert und ragte über die obere Tragfläche des Flugzeuges hinaus. So wurde ein Teil des Flugwindes in den Staubbehälter gedrückt und verhinderte darin die Stauungen des Pulvers. Später wurde das Ende dieses Staurohres so ausgebildet, daß es sich mit Hilfe mechanischer Übertragungselemente heben und senken ließ und mit einem Verschlußstück genau auf die Auslaßöffnung paßte und diese abschloß. Es war so gleichzeitig eine Verteilervorrichtung, da die Menge des austretenden Pulvers durch Einstellen eines mehr oder weniger großen Zwischenraumes zwischen Rohrende und Austrittsöffnung sich beliebig verändern ließ. Diese Vorrichtung hatte aber noch den Nachteil, daß sich ein Teil des Pulvers in den Ecken des Behälters festsetzen konnte und nicht hinausbefördert wurde. Daher wurden an der Oberkante des Behälters weitere offene Hilfsrohre angebracht, die sich im Innern des Kastens verzweigten. Die eintretende Luft wirbelte das Pulver überall auf und drückte es nach der Austrittsöffnung. Später zweigte man diese Hilfsrohre im Innern des Behälters direkt vom Hauptrohr ab, nachdem das ständige Zuführen der Luft beim Flug durch die getrennten Hilfsrohre, die keinen gesonderten Verschluß hatten, bei geschlossenem Behälter einen Überdruck erzeugte, durch den der Staub durch alle Ritzen und Spalten herausgedrückt wurde. Die mechanischen Fördervorrichtungen betätigte man nun auch nicht mehr von Hand, sondern durch Hilfspropeller (Abb. 291).

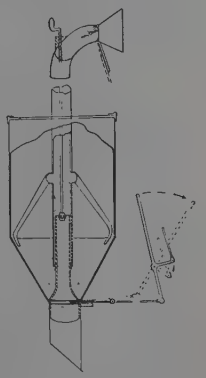


Abb. 291: Luftsogverstäuber. Luftsaugrohr mit Feineinstellung und abzweigenden Rohren zur Durchmischung des Pulvers (nach Voelkel)

Etwa in diesem technischen Entwicklungsstadium wurden 1925 die ersten Versuche zur Verwendung des Flugzeuges für die Schädlingsbekämpfung in Deutschland aufgenommen (107, 412, 583, 585, 586, 614). Die Flugzeuge erhielten zunächst auch Einrichtungen, die aus einem oder mehreren stark schräg gehaltenen Metall- oder Holzkästen bestanden, die durch Metallschieber abschließbare Auswurföffnungen hatten. Mit Hilfe eines Staudruckes und durch den Propellerwind wurde der Staub ausgebracht. Die Bedienung erfolgte aber jetzt meistens schon allein vom Führersitz aus. Durch einen Hebeldruck des Piloten öffnete sich ein Spalt des Staubkastens. Ein Segmenthebel erweiterte oder verengte die Schlitzbreiten

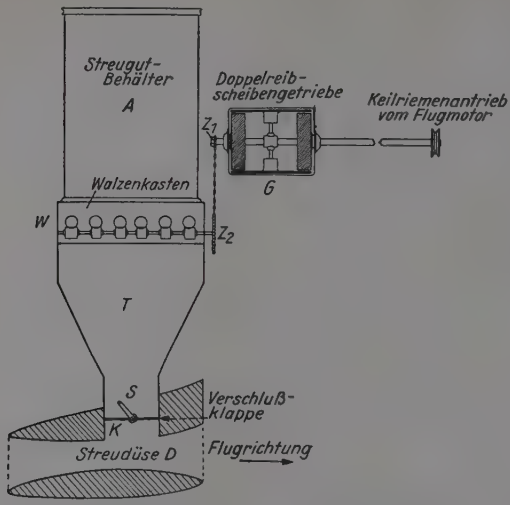


Abb. 292: Stäubeeinrichtung für ein Flugzeug mit Doppelscheibengetriebe, Walzenkasten als Zuteiler und Venturidüsen-Verteiler (nach Voelkel)

und regulierte die Auswurfmengen. Leitbleche unterhalb der Austrittsöffnung, auf die das Pulver fiel, verteilten das Präparat in die Breite. Durch Höher- oder Tieferstellen dieser Bleche konnte die Schnelligkeit der Entleerung geregelt werden. Die Leitbleche wurden dann durch drehbare Verteilerapparaturen, z. B. durch einen Rotor, auf den der Giftstaub fiel, ersetzt. Der Übergang vom Staubkasten zum Verteiler wurde mit besonderen Rüttelvorrichtungen versehen. Walzen oder Rührstäbe sorgten für eine Durchmischung und für ein gleichmäßiges Zuführen des Pulvers. Die beweglichen Vorrichtungen wurden durch einen kleinen Propeller angetrieben, der beim Schließen des Behälters abgebremst werden konnte. Durch Veränderung der Anstellwinkel des Propellers wurden verschiedene Umdrehungszahlen erreicht. Diese Verstellung der Blätter des Propellers konnte durch ein besonderes Gestänge oder durch einen Bowdenzug vom Führersitz aus auch während des Fluges erfolgen. Durch Änderung der Drehzahl des Antriebspropellers wurde die Umdrehungs- oder Bewegungsgeschwindigkeit der Zuteiler und damit die Menge des zur Verstäubung austretenden Pulvers geregelt. So waren im Laufe der Entwicklung Flugzeugverstäuber geschaffen, die nun auch alle Kennzeichen hatten, wie sie bereits bei einem guten und zweckmäßigen erdgebundenen Gerät bekannt waren. Eine genaue Menge des Pulvers konnte in der Zeiteinheit aus dem Vorratsbehälter gleichmäßig hinausbefördert und während des Fluges vom Flugzeugführer schnell dem zu bestäubenden Bestande bzw. Gelände angepaßt werden.

An dem Ausbau und der Vervollkommnung der Streuvorrichtung haben in Deutschland die Junkers-Werke großen Anteil (584, 615, 616). Eine leistungsfähige und allen Ansprüchen genügende Streuvorrichtung wurde dann bei der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Berlin-Dahlem, entwickelt (293, 563).

Sie wird in Abb. 292 gezeigt. Das Doppelscheibengetriebe G ermöglicht, daß die Walzen im Walzenkasten W plötzlich aus dem Stillstand in die gewünschte Umdrehungsgeschwindigkeit gebracht werden können. Die Umlaufgeschwindigkeit ist jederzeit veränderlich. Der Walzenkasten schneidet nicht mit der Unterkante des Flugzeugrumpfes ab, sondern geht in einen trichterförmigen Kanal T über, durch den das Pulver nach Verlassen der Zuteilerwalzen frei fällt, ehe es von der Luft-

strömung erfaßt wird. Die dabei entstehende Saugwirkung bewirkt eine gute Verstäubung des Pulvers. Das untere Ende des Trichters ist durch eine Drosselklappe abschließbar und mündet in einen venturirohrartigen Verteiler, durch dessen Form eine ausgezeichnete Saugwirkung erzielt wird. Durch die Gestalt des Venturis kann man die Breite des Staubschwadens in gewissen Grenzen beeinflussen. Die Staubwolke wird immer gleichmäßig verbreitet, und sie „klebt" nicht am Flugzeugrumpf, sondern wird nach dem Erdboden abgedrückt.

Weitere Verbesserungen erstreckten sich auf geeignete Düsenformen an den Verteilern, um eine gleichmäßige Staubwolke zu erzeugen, d. h., daß die Wolke vom Beginn des Stäubens, also vom Augenblick des Öffnens des Verschlusses der Zuteilervorrichtung an bis zu deren Schließen bei Beendigung des Verstäubens stets die gleiche Dichte und Breite hatte. Die Erforschung der Luftströmungen am Rumpf des fliegenden Flugzeuges als Grundlage für die zweckmäßige Ausbildung der Verteiler ging Hand in Hand mit der Klärung und Verbesserung der aerodynamischen Verhältnisse nach flugtechnischen Gesichtspunkten. Mit größerer Leistung bei kleineren Abmessungen der Motore wurde die Antriebsenergie für die mechanischen Stäubevorrichtungen vielfach nicht mehr von einem besonderen Zusatzpropeller, sondern direkt von der vorhandenen Kraftquelle, dem Flugzeugmotor, abgenommen (98).

Die Entwicklung des Drehflügelflugzeuges und sein Einsatz neben dem Starrflügelflugzeug bedingte keine wesentliche Veränderung an dem Zuteiler- und Verteilerorgan. Die Luftströmungsverhältnisse spielten allerdings bei dem langsam und niedrig fliegenden Flugzeug nicht mehr die ausschlaggebende Rolle wie bei dem schnelleren Starrflügelflugzeug.

Die Bekämpfung von Schädlingen mit Staub aus Flugzeugen wurde in Deutschland fast ausschließlich nur im Forst durchgeführt.

Im Ausland erfolgte der Einsatz außer gegen Forstschädlinge (Amerika: 12, 35, 123, 397; Rußland: 607; Schweiz: 617) auch schon gegen Schädlinge und Krankheiten in anderen Kulturen: Amerika: Gemüse und Kartoffel (390), Reis (294), Getreide (196), Zuckerrohr (216), Baumwolle (228, 229), Obst (13, 508) und gegen Mückenlarven (51, 358, 435); Afrika: gegen Heuschrecken (348); England: in Getreide und Kartoffeln (339); Italien: gegen Malariamücken (381); Rußland: in Zuckerrüben (451), gegen Heuschrecken (417) und Malariamücken (396, 457).

In Deutschland fand mit der zentralen Übernahme der Flugzeug-Schädlingsbekämpfung durch die Luftwaffe (1936) die technische Entwicklung der Staubbekämpfung einen einstweiligen Abschluß. Wenn auch noch Jahr für Jahr bis in den zweiten Weltkrieg hinein Arbeitsflüge gestartet, Millionen Kilogramm staubförmiger Wirkstoffe aus Flugzeugen verteilt und durch Verbesserung der Organisation immer größere Flächen erfaßt wurden (16), so erhob sich mit Rücksicht auf die zunehmende Verknappung an Personal und Material doch die Forderung nach der Entwicklung neuer Verfahren der aviochemischen Schädlingsbekämpfung. Die Verwendung flüssiger Mittel brachte dann auch bei der Bekämpfung von Schädlingen mit Hilfe von Flugzeugen die erwarteten Vorteile (536). Nach dem zweiten Weltkrieg hat die Staubbekämpfung von Schädlingen mit Flugzeugen nur noch in den tropischen Ländern eine besondere Bedeutung behalten. In Deutschland sind nach 1945 nur noch wenige Einsätze bekannt geworden (309).

β) Spritzen vom Flugzeug aus

Zuerst stellten sich dem Gebrauch von Spritzmitteln gegen Schädlinge große Schwierigkeiten entgegen. Bei den ersten Versuchen, die wiederum in Amerika stattfanden, wurden die bei normalen Spritzgeräten üblichen Einrichtungen verwendet. Damit konnten jedoch keine zufriedenstellenden Ergebnisse erzielt werden. Die Schaffung spezieller Vorrichtungen zum Zerstäuben von Flüssigkeit aus Flugzeugen war erforderlich. Man ließ nun zunächst aus dem Behälter die Flüssigkeit einem mit Löchern versehenen Querrohr zufließen. Beim Heraustreten aus den Löchern wurde die Spritzflüssigkeit vom Propellerwind erfaßt und zerstäubt (169). Auch die Auspuffgase des Flugzeugmotors wurden bei einer amerikanischen Ausführung bereits zur Verteilung des Spritzmittels benutzt (208, 209). Damals war aber die Menge der verspritzten Flüssigkeit noch zu klein und die Hitze nachteilig.

Es entstanden dann Zerstäuber in Form von rotierenden, stählernen Borstenbündeln oder von hohlen Propellerflügeln, an denen Düsen angebracht waren. Auf die Borsten bzw. in die Propeller floß die Spritzflüssigkeit durch ihre eigene Schwere. Sie wurde durch die Zentrifugalkraft zerstäubt.

1937 flog man in Amerika die ersten Spritzversuche mit einem Hubschrauber (450). Die mannigfaltigen Vorteile machten das Drehflügelflugzeug und speziell den Hubschrauber zu einem großen Helfer bei der Schädlingsbekämpfung. Die Hubschrauber können in der Luft still stehen oder sich mit beliebiger Geschwindigkeit zwischen 0 und 160 km/h bewegen. Durch die Drehflügel wird die Spritzflüssigkeit stark nach unten auf die zu behandelnden Kulturen gedrückt. Der Hubschrauber ist sehr manövrierfähig. Er kann dicht über den Kulturen fliegen und jedes auftauchende Hindernis fahrstuhlartig überfliegen, um sich unmittelbar dahinter wieder in die vorherige Flugtiefe zu begeben. Der Hubschrauber benötigt

Abb. 293: Hubschrauber im Pflanzenschutzeinsatz. (Werkbild: Dr. Maag AG.)

nur wenige Quadratmeter Start- und Landefläche. Daher ergibt sich ein günstiges Verhältnis von Spritzzeit zur Gesamtflugzeit, weil das Auftanken von Brennstoff und Spritzbrühe dicht an den Arbeitsgebieten stattfinden kann. Das Unfallrisiko ist auf Grund der langsamen Geschwindigkeit gering (347, 352, 447).

Die Einführung des DDT in den Pflanzenschutz und die erstmalige erfolgreiche Verwendung eines insektiziden Nebels im Jahre 1944 brachte in Deutschland neuen Aufschwung für den aviochemischen Pflanzenschutz (534, 535, 536). Die Leistungs-

Abb. 294: Hubschrauber beim Brühetanken. (Werkbild: Dr. Maag AG.)

fähigkeit des Flugzeuges wurde damit erheblich erhöht und der Einsatz kleinerer Maschinen rentabel. Das Kriegsende 1945 unterbrach in Deutschland zunächst jede Weiterarbeit auf dem Gebiete der Schädlingsbekämpfung aus der Luft. Die in den ersten Nachkriegsjahren erschienenen fahrbaren Bodensprüh- und -nebelgeräte der verschiedensten Bauart waren von großer Wirkungsbreite und schienen die Flugzeuge ersetzen zu können. Bei akuter Schädlingsgefahr auf größeren Flächen mußte später jedoch wieder auf Flugzeuge zurückgegriffen werden. Gegen viele Schädlinge, die vorzugsweise in den Kronenspitzen fressen und die vom Boden aus durch die meist dichtwüchsigen unteren Kronenpartien hindurch mit chemischen Mitteln nur schlecht zu erreichen sind, erweist sich eine Behandlung aus der Luft als günstig. Aber auch auf Feldkulturen läßt sich die Bekämpfung von Schädlingen aus der Luft mit Erfolg durchführen. Ebenso ist in den Weinbergen der Pflanzenschutz aus der Luft eine sehr wirksame Hilfe.

Der Unterwind der Tragflächen unterstützt sehr erheblich die Wirkung der Bekämpfung. Er erteilt dem zerstäubten Mittel eine Sinkkraft, die besonders den kleinsten Tröpfchen zugute kommt. Diese Abwärtskraft beträgt das Vielfache der

Geschwindigkeit freifallender Tropfen. Sie steigert das Eindringvermögen der zerstäubten Tröpfchen in die zu behandelnde Pflanzendecke. Klappen können diese nützlichen Unterwindeigenschaften eines Flugzeuges noch verbessern.

Über die Einsätze sowohl von Drehflügel- als auch von Starrflügelflugzeugen in den verschiedenen Kulturen wird in der Literatur zumeist von den Leitern der Aktionen berichtet (Amerika: 71, 122, 169, 205, 235, 379, 433, 500, 596; Deutschland: 20, 64, 280, 312, 399, 400, 401, 467, 476, 480, 486, 487, 488, 498, 537, 558, 561, 574, 628; England: 167, 419, 420; Holland: 124, 125, 288, 289, 345, 346; Jugoslawien: 380, 514, 609, 630; Schweiz: 511, 610, 611, 612, 613).

Ein Einsatz beider Typen ist auch auf kleineren Flächen möglich. Aufnahmen von Drehflügel- und Starrflügelflugzeugen im Pflanzenschutzeinsatz zeigen die Abb. 293, 294 und 295.

Die technische Ausstattung lehnt sich an den Aufbau der Feldspritze an. Insbesondere werden die Erkenntnisse der Düsenentwicklung verwertet und auf die besonderen Belange zugeschnitten. Flachstrahl-Prall-Düsen zur Verringerung der Düsenanzahl gegenüber den kegelförmig spritzenden Dralldüsen sind beim Luftfahrzeugeinsatz nicht zweckmäßig. Neuerdings ist der Einfluß der Flügelspitzenturbulenz auf das Spritzbild ermittelt worden. Daher werden die Düsen in der Nähe der Flügelenden in bestimmter Form konzentriert und nicht im gleichen Abstand wie in der Nähe des Rumpfes angeordnet. Spezielle Düsen für die Flugzeugspritzung unterscheiden sich von den Düsen für Bodengeräte vielfach dadurch, daß sie mit einem Ventil ausgerüstet sind, das sich beim Absinken des Pumpendruckes unter eine bestimmte einstellbare Höhe automatisch schließt.

Die Brühepumpe (Abb. 296), meist eine Zahnrad- oder Zentrifugalpumpe, wird vom Flugzeugmotor angetrieben. Der Brühetank des Flugzeuges ist jetzt meist an den Rumpfstreben oder am Fahrwerk — möglichst im Schwerpunkt des Flugzeuges — angebracht. Am Ende der Kabine ist ein etwa 10 Meter langes Düsenrohr

Abb. 295: Starrflügel-Flugzeug im Pflanzenschutzeinsatz. (Photo: PA Bonn)

angebaut (Abb. 297). Das Düsenrohr wird durch ein zweckmäßiges Absperrsystem (Dreiwegehahn) gespeist. Brühemenge und Druck können von der Kabine aus eingestellt werden. Das Düsenrohr ist mit Stutzen versehen, in die nach Bedarf Düsen eingesetzt werden können. Die nicht benötigten Düsenanschlüsse werden durch eine Kappe verschlossen. Als Rührwerk dient fast ausschließlich der Pumpenrückfluß.

Abb. 296: Flüssigkeitspumpe am Flugzeug mit Luftschraubenantrieb (Fahrwind). (Photo: PA Bonn)

Die Flüssigkeitstropfen sind bei der Geschwindigkeit der Flugzeuge und bei der hohen Durchflußkapazität der Düsen zunächst beim Entstehen verhältnismäßig groß. Durch den Fahrtwind, der von den Hubschrauberflügeln oder vom Propeller des Starrflügel-Flugzeuges erzeugt wird, werden die Tropfen weiter aufgeteilt. Der Zerteilungsgrad nimmt mit steigender Windgeschwindigkeit zu.

Abb. 297: Düsenspritzrohr am Flugzeug. (Photo: PA Bonn)

Die Tröpfchenfeinheit läßt sich natürlich auch mit technischen Mitteln beeinflussen. Durch die Wahl einer geeigneten Pumpe und Einstellung des erforderlichen Druckes, durch die Anzahl der Düsen und durch den Düsendurchmesser kann man die verschiedensten Tröpfchengrößen erzielen. Weiteren Einfluß auf das Tröpfchenspektrum hat die Anordnung der Düsen.

Die Richtung der Düsen im Verhältnis zur Flugrichtung spielt eine wichtige Rolle, das Zerreißen der Flüssigkeit ist auf die Wechselwirkung zwischen Flüssigkeit und Luft zurückzuführen und dem Geschwindigkeitsunterschied zwischen beiden proportional. Man wird also die Düsen nicht nach hinten, sondern nach unten oder schräg nach vorn anordnen, weil dann die Geschwindigkeitsdifferenz zwischen Tröpfchen und Luftstrom und damit der Zerteilungsgrad größer ist. Zur Anpassung der gewünschten Flüssigkeitsmenge an die äußeren Verhältnisse kann man noch die Fluggeschwindigkeit und die Flughöhe über dem Bestand ändern. Der Größe der Tropfen sind aber Grenzen gesetzt, da sehr feine Tröpfchen zu rasch verdunsten

(214, 215, 219, 590, siehe auch Kapitel „Einsatz und Bewährung"). Bei der Windanfälligkeit der Sprühtröpfchen ist Vorsicht bei empfindlichen Nachbarkulturen geboten. Windgeschwindigkeit und Windrichtung beeinflussen maßgebend das Verhältnis der Fluglinie zum Spritzstreifen, sowohl in der Ebene als auch im hängigen Gelände. Eine niedrige Flughöhe muß gefordert werden. Die Bekämpfung wird zweckmäßig in die Zeiten verlegt, in denen möglichst wenig Wind zu erwarten ist, also in die frühen Morgen- oder die ruhigeren Abendstunden.

Es ist Aufgabe einer geübten und zweckmäßigen Bodenorganisation, den Einsatz wirtschaftlich zu gestalten. Der Personalaufwand muß gering gehalten werden. Die Spritzung erfolgt in der bei Bodengeräten üblichen Art, indem ein Spritzstreifen an den anderen gelegt wird. Bei Verwendung der gebräuchlichen Spritzmittel ist es für den Piloten nicht einfach, die äußeren Grenzen des bereits beflogenen Streifens zu erkennen. Um Überschneidungen oder Fehlstellen zu vermeiden, ist deshalb eine Einweisung erforderlich. Durch eine Markierung, die der Pilot in einem Arbeitsgang mit dem Spritzen vornehmen sollte, muß es ihm möglich sein, sofort während des Fluges die behandelten Flugstreifen von den unbehandelten zu unterscheiden. Zusätzliche Einweiser mit Flaggen, Ballons o. ä. sind dann nicht nötig (573).

Mehr und mehr geht man dazu über, Spezialflugzeuge zu entwickeln. Man benötigt Maschinen, die sehr wendig sind, die niedrig und langsam fliegen können und in der Lage sind, eine hohe Nutzlast an Mitteln mitzuführen. Die mögliche Zuladung für die für den Pflanzenschutz geeigneten Flugzeuge liegt zwischen 150 und 600 kg, die Stundenleistung beträgt 30 bis 50 ha. Selbst bei relativ hohen Fluggeschwindigkeiten sind noch ausreichende biologische Erfolge zu erzielen.

Die Organisation des gewerbsmäßigen Einsatzes von Flugzeugen, die in Amerika schon sehr durchgebildet ist, nimmt auch in Deutschland zu. Flugzeuge sind als Geräteträger im Vergleich zu manchen Bodengeräten durchaus konkurrenzfähig. Sie werden aber nicht die erdgebundenen Geräte ausschalten. Die Entscheidung — ob Flugzeug oder Bodengerät — muß von Fall zu Fall unter Beachtung vieler Gesichtspunkte getroffen werden. Große Arbeitsgeschwindigkeit, Unabhängigkeit von den Bodenverhältnissen, Vermeidung von Pflanzenbeschädigungen, schnelle Überführung von einem Arbeitsgebiet zum anderen sind Vorteile des Flugzeugeinsatzes.

Flugzeuge sind nicht allein zum Stäuben und Spritzen, sondern auch zur Bekämpfung mit Hilfe von Köder- oder Streumitteln eingesetzt worden. Die Köder- oder Streumittel werden ohne maschinelle Hilfe aus Säcken oder Vorratsbehältern mit der Hand über Bord geworfen. Durch den Propellerwind werden die Brocken erfaßt, zerkleinert und ausgestreut. So können Gebiete behandelt werden, die sonst mit anderen Bekämpfungsgeräten nicht zugänglich sind oder die infolge von Hindernissen die Arbeit außerordentlich erschweren (80, 92, 321, 618).

2. Einsatz und Bewährung

Alle Maßnahmen gegen Pflanzenkrankheiten und -schädlinge sind nur sinnvoll, wenn ihre Wirksamkeit (2, 3, 15, 17, 25, 26, 54, 55, 56, 221, 232, 391, 392, 437, 446, 577) und Wirtschaftlichkeit (2, 3, 5, 9, 15, 17, 25, 26, 53, 86, 118, 120, 190, 191, 192, 203, 232, 241, 244, 281, 331, 333, 334, 377, 378, 385, 434, 438, 481, 498, 529, 576) bestmöglich garantiert sind. Die Technik der Anwendung von

Pflanzenschutzmitteln entscheidet weitgehend über beide Forderungen. Als wichtigste Applikationsmethoden darf man im Pflanzenschutz das Spritzen, Sprühen, Nebeln und Stäuben ansehen. Beim Stäuben (19, 34, 93, 198, 224, 227, 230, 231, 320, 351, 374, 388, 495, 516) entfällt, abgesehen vom Naßstäuben, jeglicher Zusatz von Flüssigkeit. Die drei anderen Verfahren unterscheiden sich vor allem hinsichtlich der Größe der Flüssigkeitstropfen und der Menge der Flüssigkeit, mit der der Wirkstoff verteilt wird. Die Wirkung chemischer Mittel ist bei Applikation im Spritz-, Sprüh- und Nebelverfahren weitgehend von diesen beiden Faktoren abhängig. Solange Ausbringung anerkannter Pflanzenschutzmittel in hohen Flüssigkeitsmengen üblich war, ergaben sich keine größeren Schwierigkeiten, da die verschiedenen Mittel bei hohem Wasseraufwand gerätebedingt durchweg befriedigende Ergebnisse liefern. Um Pflanzenschutzmaßnahmen noch wirtschaftlicher zu gestalten und vor allem, um die Leistungsfähigkeit der Geräte zu steigern, wurden bereits 1939 (489) erste Versuche eingeleitet, die klären sollten, inwieweit Einsparungen von Wasser und Flüssigkeit ohne Gefährdung des biologischen Effektes möglich sind.

Mit Herabsetzung des Flüssigkeitsaufwandes bei Durchführung pflanzenschutzlicher Maßnahmen wurde die Klärung der Frage nach optimaler Tropfengröße (7, 60, 70, 90, 181, 187, 188, 193, 194, 215, 318, 319, 327, 503, 530, 588, 594, 595) dringlich. Es zeigte sich bald, daß bestmögliche biologische Wirkung nicht mit einer bestimmten, für alle Zwecke einheitlichen Tropfengröße erreichbar ist, sondern, daß zur Erzielung des gewünschten Effektes bei Anwendung von Präparaten verschiedener Wirkstoffgruppen recht unterschiedliche Tropfengrößen notwendig sein können. Es ist jedoch nicht möglich, die Festlegung optimaler Tropfengrößenbereiche lediglich aus biologischer Sicht vorzunehmen. Physikalische Grundgesetze und hygienische Forderungen dürfen nicht außer acht gelassen werden. Sie können zur Einhaltung bestimmter Tropfengrößenbereiche zwingen, selbst wenn andere Erkenntnisse über die insektizide, fungizide oder herbizide Wirkungsweise der Mittel dagegen sprechen. Normalerweise wird man bei der Bekämpfung von Pflanzenkrankheiten und -schädlingen und bei der Unkrautbekämpfung bestrebt sein müssen, eine optimale Wirkstoffablagerung auf Kultur- bzw. Unkrautpflanze zu erreichen. Die tatsächlich auf der Kultur zur Ablagerung kommende Präparatemenge bestimmt weitgehend den Effekt. Wirkstoffverluste müssen deshalb so gering wie nur eben möglich gehalten werden.

Aus der verschiedenen Beschaffenheit der Pflanzenbestände resultieren bereits Wirkstoffverluste (54, 55, 56, 357, 454, 538) unterschiedlicher Höhe. Nur ein dichter, den ganzen Boden bedeckender Pflanzenwuchs vermag die gesamte

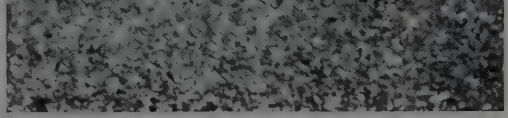


Abb. 298: Verschiebbarkeit der Düsen auf dem Spritzbalken zur Reihenspritzung

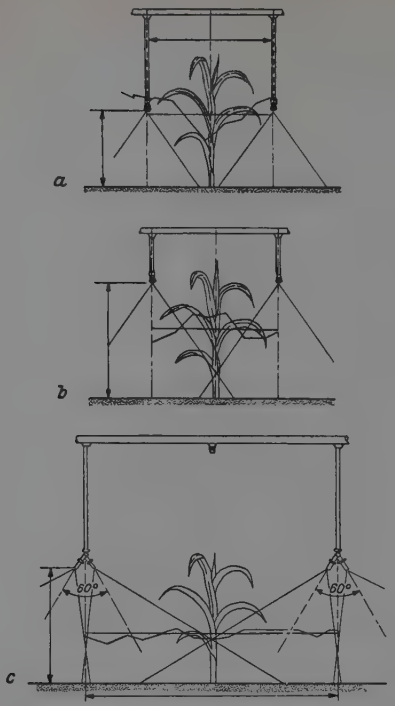


Abb. 299: Unterschiede in Düsenanordnung und -stellung gestatten a) vorwiegende Behandlung der Zwischenräume, b) vorwiegende Behandlung des Pflanzengrundes, c) gleichmäßige Behandlung von Pflanzenreihe und Zwischenraum. In allen drei Fällen bleiben die oberen Pflanzenteile weitgehend wirkstofffrei (nach Hull und Barger, 1950)

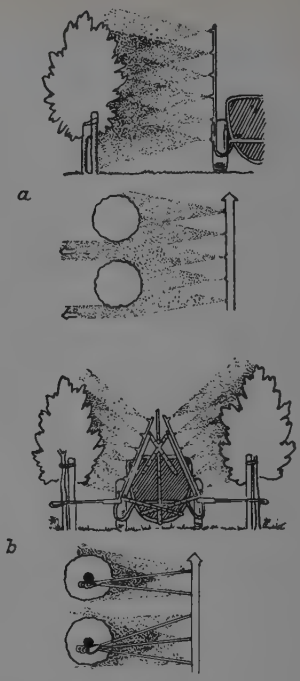


Abb. 300: Vollmechanisches Spritzen im Obstbau. a) Wirkstoffverluste in den Zwischenräumen, b) durch eine besondere Vorrichtung werden die Düsen immer in Richtung des Baumes gerichtet (nach Hilkenbäumer, 1954)

ausgebrachte Wirkstoffbrühe aufzufangen. Bei Spritzung junger Pflanzenbestände (z. B. Rüben gleich nach dem Vereinzeln) gehen oft 90 % und mehr des verspritzten Präparates verloren. Spezielle Konstruktionen von Spritzgestängen zielen darauf ab, z. B. bei der chemischen Unkrautbekämpfung in Gemüsekulturen aus Wirtschaftlichkeitsgründen den Spritzstrahl so zu begrenzen, daß die Reihe behandelt, der Zwischenraum jedoch unbehandelt bleibt. Auf Großflächen, z. B. in Rübenschlägen, ausschließlich eine Reihenbehandlung durchzuführen, dürfte kaum Erfolg haben, da mit Großgeräten ein so genaues Fahren, daß die Reihen behandelt, der Zwischenraum jedoch unbehandelt bleibt, nicht möglich ist. Durch auf dem Spritzrohr verschiebbar angebrachte Düsen (Abb. 298) hat man eine ausschließliche Reihenbehandlung bei Drillsaaten zu erreichen versucht. In manchen Fällen strebt man durch unterschiedliche Düsenanordnung und -stellung beispielsweise bei der Anwendung von Unkrautbekämpfungsmitteln eine Schonung der Kulturpflanze an (Abb. 299). Die Zwischenräume oder der Pflanzengrund werden behandelt, während

die Kulturpflanze in ihrem oberen Teil wirkstofffrei bleibt. Im Obstbau wurde teilweise bei vollautomatisch arbeitenden Spritzgeräten zur Vermeidung von Wirkstoffverlusten ein besonderes Gestänge angebracht. Dieses pendelt gegen den Baumstamm, bleibt dort hängen und bewirkt eine Drehung des düsentragenden Spritzrohres. Die Düsen werden so gerichtet, daß sie immer in Richtung des Baumes spritzen. Sobald das Spritzgerät den nächsten Baum erreicht hat, rutscht das Auslegegestänge an dem Baumstamm vorbei und pendelt zum nächsten zu behandelnden Baum (Abb. 300).

Von Ausnahmen abgesehen, lassen sich die durch die Bestandsbeschaffenheit verursachten Wirkstoffverluste jedoch kaum herabsetzen. Die darüber hinaus durch Abtropfen, Abtrift und Verschweben von Flüssigkeitstropfen möglichen Verluste sollten jedoch bei Kenntnis der Gründe weitgehend vermieden oder wenigstens verringert werden können. Unter Abtropfen versteht man das Abrollen von Flüssigkeitstropfen als Folge ihrer Größe oder der schlechten Benetzbarkeit der Pflanzenoberfläche. Größere Tropfen neigen stärker zum Abtropfen als kleine. Die Gefahr des Abtropfens wird erhöht, wenn mehrere kleine Tröpfchen auf dem Blatt zusammenlaufen und nach Vereinigung so schwer sind, daß die Adhäsionskräfte nicht mehr ausreichen, sie an der Pflanze zu halten. Die Gefahr des Abtropfens ist bei Ausbringung hoher Flüssigkeitsmengen besonders groß. Bei hohem Flüssigkeitsaufwand wird ein dichterer Spritztropfenbelag erzielt und dadurch das Zusammenlaufen von Spritztropfen gefördert. Außerdem werden höhere Spritzbrühemengen in der Regel großtropfiger verspritzt.

Bei Behandlung von Pflanzen mit Insektiziden oder Fungiziden ist der Abtropfvorgang normalerweise negativ zu bewerten, bei Verspritzung bestimmter Herbizide (z. B. DNC-Mitteln) u. U. jedoch wünschenswert. Er wird in solchen Fällen durch Verwendung von Spezialdüsen sogar gefördert. Im Feldbau (Phytophthora-, Kartoffelkäferbekämpfung u. a.) hielt man im Hinblick auf Abtropfverluste die Flüssigkeitsmengen oberhalb 400 l/ha bei der bei dieser Flüssigkeitsmenge üblichen Tropfengröße für ungünstig. Untersuchungen (194, 195) haben jedoch gezeigt, daß optimale Wirkstoffablagerung beim Spritzen von 600 l/ha erreicht werden kann. Sobald allerdings eine Erhöhung des Flüssigkeitsaufwandes auf 800 l/ha erfolgte, wurden die Verluste durch Abtropfen spürbar (Tabelle 2). Es sei besonders betont, daß der Abtropfvorgang selbstverständlich untrennbar mit der Tropfengröße verbunden ist.

Tabelle 2

Wirkstoffablagerung beim Spritzverfahren in % in Abhängigkeit vom Flüssigkeitsaufwand in l/ha. Die für einen Flüssigkeitsaufwand von 600 l/ha festgestellten Werte wurden = 100 % gesetzt (nach Goossen und Eue 1957)

Lfd. Nr.	l/ha	Gesamtwirkstoffmenge %
1	800	86
2	600	100
3	400	84
4	200	61

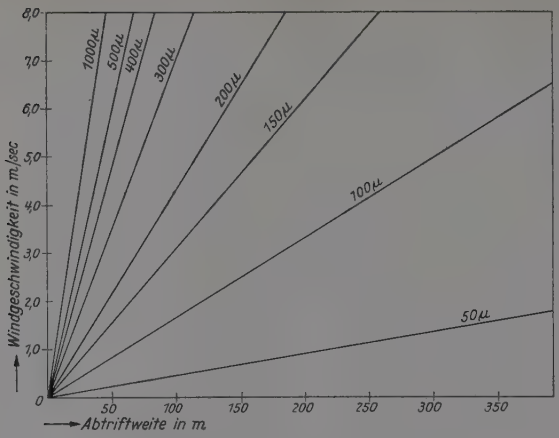


Abb. 301: Abtriftweiten von Flüssigkeitstropfen verschiedener Größe in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit

Die Vorgänge der Abtrift und des Verschwebens sind praktisch schwer voneinander zu trennen. Die Abtrift von Flüssigkeitstropfen ist an horizontale Luftbewegung gebunden. Der Anteil verschwebender Teilchen steigt mit zunehmender vertikaler Luftbewegung. Verschweben und Abtrift sind tropfengrößenabhängig. Je kleiner der Flüssigkeitstropfen, desto stärker unterliegt er dem Einfluß des Horizontalwindes, der Abtrift (Abb. 301). Wird eine bestimmte Tropfenkleinheit erreicht, verliert der Tropfen überhaupt die Fähigkeit sich abzulagern, er verschwebt. Ein Flüssigkeitstropfen folgt dabei in seinem physikalischen Verhalten dem Stokes'schen Gesetz. Danach unterliegt er, wenn er sich durch ein Gas bewegt, einer hemmenden Kraft, die nach der Formel $k\ (dyn) = 6\pi \cdot \eta \cdot v \cdot r$ berechnet werden kann (k ist die Größe des Widerstandes in kg, v die Geschwindigkeit des bewegten Flüssigkeitstropfens in m/sec mit dem Radius r in m, η der Viskositätskoeffizient des Mediums in kg · sec/m², in der sich das Flüssigkeitströpfchen bewegt, 1 dyn = 0,001 g). Die hemmende Kraft rührt nicht von einer unmittelbaren Reibung des Körpers am umgebenden Medium her, denn die unmittelbar an den Körper grenzende Schicht haftet an ihm. Der auftretende Widerstand hat seine Ursache in der inneren Reibung im umgebenden Medium. Bei gleichgeformten Körpern (bei Flüssigkeitstropfen handelt es sich um solche) wachsen Gewicht und Auftrieb mit der dritten Potenz ihrer Abmessungen, der Reibungswiderstand nur mit einer kleineren Potenz. Das Schweben kleiner Flüssigkeitstropfen ist ein langsames Fallen unter dem Einfluß oben beschriebener Faktoren. Wöllmer (589) hat berechnet, daß 1 μ große Flüssigkeitstropfen in ruhender Luft eine Sinkgeschwindigkeit von 0,05 mm/sec. haben. Ein Aufwind von 0,5 mm/sec. genügt demnach, ein 10 μ-Teilchen schwebend zu halten. Infolge der Mikrothermik bildet sich um jeden festen Körper, also auch um die Pflanzenoberfläche als Strömungsfeld, ein Luftmantel, dessen Dicke man mit 1 mm annehmen kann. Ein Teilchen mit einem Durchmesser von 10 μ muß, um diese Luftschicht zu durchschlagen und sich auf der Körperoberfläche absetzen zu können, eine Geschwindigkeit von nicht weniger als 2 m/sec. besitzen.

In bestimmten Fällen und unter gewissen Bedingungen können Abtropfen, Abtrift und Schwebefähigkeit von Flüssigkeitstropfen auch im Pflanzenschutz wün-

schenswerte Vorgänge sein. Auf die Bedeutung des Abtropfens bei Anwendung verschiedener Unkrautbekämpfungsmittel wurde bereits hingewiesen. Man nutzt die Eigenschaft größerer Spritztropfen abzurollen und erhöht durch Förderung des Abtropfens die selektive Wirkung der verwendeten Präparate. Die schlechter benetzbare Kulturpflanze (Getreide) mit einer dem Abtropfen günstigen Blattstellung bleibt weitgehend wirkstoffrei, während die breitblättrige Unkrautpflanze bei besserer Benetzbarkeit und vielfach waagerechter Blattstellung einen großen Teil des Wirkstoffes abfängt. Beim Nebeln wird die Fähigkeit kleinster Tropfen zu schweben genutzt. Man überläßt die meist auf kurze Entfernung gerichtete Nebelwolke dem Wind, der sie abtreibt und in dem zu behandelnden Bestand verteilt. Gleichmäßigkeit und Stetigkeit der horizontalen Luftbewegung entscheiden über den Erfolg des Nebelns. Zu starker Aufwind, aber auch zu hohe horizontale Windgeschwindigkeit wirken sich ungünstig aus.

Von solchen speziellen Fällen abgesehen, haben Abtropfen, Abtrift und Verschweben im Pflanzenschutz nachteilige Folgen, da diese Vorgänge zu erheblichen Wirkstoffverlusten führen können. Die Auswirkungen werden aber noch verhängnisvoller, wenn abtreibende Wirkstofftröpfchen sich auf Nachbarkulturen ablagern und hier in Abhängigkeit vom Wirkstoff, z. B. Herbiziden, Schäden an der Kultur oder bei Abtrift von insektiziden Mitteln auf benachbarte blühende Kulturen u. U. Bienenverluste bewirken. In Abb. 301 sind Abtriftweiten von Flüssigkeitströpfchen verschiedener Größe in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit dargestellt. Die Abtrift wuchsstoffhaltiger Herbizidtröpfchen kann besonders in Weinbaugebieten an der Rebe erhebliche Schäden verursachen. Untersuchungen von Rump (454) zum Problem der Abtrift haben ergeben, daß bei einer Windstärke von 3 m/sec. bis zu einer Entfernung von etwa 20 m die hinsichtlich einer Schädigung der Weinrebe kritische Zahl von 1800 Flüssigkeitströpfchen (50 μ Durchmesser) je cm² weit überschritten und demzufolge Totalschaden in den benachbarten Kulturen, in diesem Falle Reben, verursacht wird. Bei einer Entfernung von 30 m sind mittlere Schäden, bei Entfernungen von 40 m noch leichtere Schäden zu erwarten.

Tabelle 3

Lebenszeiten von Wassertröpfchen in Abhängigkeit von Temperatur und relativer Luftfeuchte (nach von Eickstedt)

Lfd. Nr.	Tropfendurchmesser μ	Temperatur °C	rel. Luftfeuchte %	Lebenszeit sec.
1	100	20	70	20
2	100	20	40	9
3	100	30	70	17—18
4	100	30	40	8
5	100	40	70	16,8
6	100	40	40	7,8
7	50	20	70	5
8	50	20	40	2
9	50	30	40	1,9

Erst bei Entfernungen von über 50 m werden Schäden bei Windstärken von 3 m/sec. an Reben nicht mehr auftreten.

Verschwebende Teilchen haben wegen ihrer Kleinheit im Verhältnis zum Volumen eine relativ große Oberfläche. Sie erleiden deswegen rasch Volumenverluste. Die Möglichkeit, sich abzulagern, wird dadurch noch erschwert. Besonders bei hohen Temperaturen und bei geringer Luftfeuchtigkeit kommt diesem Faktor besondere Bedeutung zu. Nach Untersuchungen von Yeo und Thompson (590) im tropischen Afrika betrugen Volumenverluste bei Flüssigkeitstropfen von 80 μ Durchmesser bei Ausbringung vom Flugzeug in der Zeit vom Verlassen der Düse bis zum Auftreffen auf die Pflanze 50 %. Bei kleineren Tropfen dürften die Verluste, selbstverständlich immer in Abhängigkeit von Temperatur und Luftfeuchtigkeit, noch entsprechend größer sein (Tabelle 3).

Abtreibende und verschwebende Wirkstofftropfen können bei Verwendung giftiger Pflanzenschutzmittel auch in hygienischer Sicht von größter Bedeutung sein. Die kleinen, zur Abtrift und zum Verschweben befähigten und dazu neigenden Tröpfchen gelangen unter Umständen in den Luftwegen des Menschen zur Ablagerung. Es wurde festgestellt, daß Flüssigkeitstropfen von etwa

1— 3 μ in die Alveolen,
5 μ in die Bronchiolen,
10 μ in die Bronchien und
30 μ in die Trachea

gelangen können. Tröpfchen mit einem Durchmesser von ungefähr 0,3 μ werden wieder ausgeatmet. Größere, über kürzere Zeit schwebend gehaltene Tropfen lagern sich u. U. auf den Schleimhäuten der Nase und des Rachens ab. Die Gefahr wird noch dadurch erhöht, daß bei kleinsten Tröpfchen in der Regel mit geringerem Wasseraufwand, aber entsprechend der Flüssigkeitsersparnis erhöhter Konzentration gearbeitet wird. Bei Verwendung giftiger Pflanzenschutzmittel darf diese Erkenntnis nicht unbeachtet bleiben. Entweder sind Atemschutzgeräte zu tragen oder es ist mit solchen Tropfengrößen zu arbeiten, bei denen die Gefahr des Einatmens nicht mehr besteht.

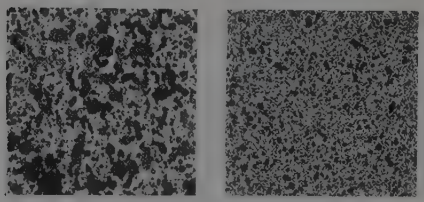


Abb. 302: Ausbringung von 800 l Flüssigkeit im Spritzverfahren, a) großtropfig zur Förderung des Abtropfvorganges, b) kleintropfig zur Vermeidung des Abtropfens

Abtropfen kann in erster Linie durch die Wahl einer geeigneten Tropfengröße verhindert werden (Abb. 302). Außerdem ist der Flüssigkeitsaufwand je Flächeneinheit auf ein günstiges Maß zu reduzieren, da zu dichte Tropfenablagerung das Abtropfen begünstigt. Tropfen oberhalb 400 μ neigen auch bei gut benetzbarer Blattoberfläche zum Abtropfen. Bei schlecht benetzbaren Blattoberflächen kann durch Zusatz von Netzmitteln zur Spritzbrühe die Abtropfgefahr verringert werden.

Abtrift und Verschweben werden ebenfalls durch Wahl geeigneter Tropfengrößen in tragbaren Grenzen gehalten. Die in vielen Fällen wünschenswerte Herabsetzung des Wasseraufwandes je Flächeneinheit hat jedoch die Verkleinerung

der Spritztropfengröße im Gefolge und macht damit die Entwicklung abtriftmindernder Konstruktionen notwendig. Wenn man dem kleineren Tropfen eine entsprechend höhere Geschwindigkeit mitgibt, so ist er in der Lage, sich abzulagern. Infolge hohen Reibungswiderstandes sinkt die Anfangsgeschwindigkeit des Tropfens jedoch rasch ab. Nur wenn eine Einbettung des Spritz- oder Sprühschleiers in eine große Luftmenge mit genügender Geschwindigkeit erfolgt, behält das Tröpfchen über ausreichend langer Strecke die nötige Geschwindigkeit, sich abzulagern. Für die Verluste an Spritztröpfchen durch Abtrift und Verschweben sind die Stärke horizontaler und vertikaler Luftbewegung von entscheidender Bedeutung. Wichtige Zusammenhänge bestehen auch zwischen Regen und Tropfengröße. In mit Insektiziden und Fungiziden durchgeführten Versuchen erweisen sich kleintropfige Spritz- und Sprühbeläge regenbeständiger als großtropfige. Initial- und Dauerwirkung von Pflanzenschutzmitteln können stark von der Tropfengröße bestimmt sein. Besonders bei Präparaten mit hohem Dampfdruck werden Initial- und Dauerwirkung durch die Tropfengröße beeinflußt. Eine große Zahl kleinster Tröpfchen hat bei relativ großer Oberfläche, z. B. bei Präparaten mit Atemgiftwirkung, größere Initialwirkung als eine kleine Anzahl größerer Tröpfchen mit relativ kleiner Oberfläche. Umgekehrt ist im allgemeinen das Verhalten hinsichtlich der Dauerwirkung. Nicht wasserlösliche Präparate sind, im Nebelverfahren ausgebracht, praktisch regenfest.

Für Kontaktinsektizide ist es wichtig, eine möglichst weitgehende Flächenbedeckung mit großer Zahl kleiner Tropfen zu erreichen, um den Berührungseffekt möglichst groß zu gestalten. Bei Fraßgiften ist der Verteilungseffekt nicht in gleichem Maße bedeutungsvoll. Wesentlich ist allerdings, daß die Verteilung wenigstens so fein und gleichmäßig ist, daß beim Fraß des Insekts Wirkstoff mit aufgenommen wird, d. h. es dürfen nicht ganze Blätter unbehandelt sein, so daß das fressende Insekt das Mittel unter Umständen nicht aufnimmt. Die Bekämpfung sessiler Insekten macht gleichmäßigere Wirkstoffverteilung notwendiger als die Bekämpfung mobiler Insekten, da die Wahrscheinlichkeit, daß letztere mit tödlich wirkender Dosis in Berührung kommen, größer ist. Bei flugfähigen Insekten, die während des Fluges bekämpft werden sollen, ist Anwendung des Nebelverfahrens bei Tropfengrößen, die längeres Schweben der Tröpfchen garantieren, vorteilhaft, da rasche Flügelbewegung Luftwirbelung hervorruft, die Ablagerung feinster Nebeltropfen bewirken kann. Nach Yeomans, Rogers und Ball (594) wächst die optimal erforderliche Teilchengröße bei der Bekämpfung fliegender Insekten mit der Größe des Schädlings. In Versuchen ermittelten sie bei der Bekämpfung für Moskitos als günstigste Teilchengröße 15,81 μ, für die Hausfliege 22,4 μ. Nach ihren Untersuchungen neigen kleinere Teilchen zur Ablagerung auf der Rückseite von Gegenständen, während größere sich vorzugsweise auf der Vorderseite ablagern. Bei einer Fahrtgeschwindigkeit von 8 m.p.h. liegt nach ihren Untersuchungen die Trennungslinie bei 15 μ. Bei Erhöhung der Fluggeschwindigkeit auf das Doppelte lag die Trennungslinie nur unbedeutend höher.

Bei Verwendung von systemischen Insektiziden ist Kleintropfigkeit weniger bedeutungsvoll, da das Präparat eindringt und durch Wirkstofftransport in der Pflanze gleichmäßige Wirkstoffkonzentration auch in nicht direkt getroffenen Pflanzenteilen erreicht wird. Wegen des hohen Dampfdruckes der Präparate empfehlen sich außerdem größere Tröpfchen (nicht unter 100 μ). Bei Anwendung von Fungiziden kommt der gleichteiligen und kleintropfigen Wirkstoffverteilung große

Bedeutung zu, da allseitige Bedeckung und damit möglichst vollständiger Schutz der gefährdeten Pflanze garantiert sein müssen. Zusammenhänge zwischen Tropfengröße und phytotoxischer Wirkung sind vorhanden, von Wirkstoffgruppe zu Wirkstoffgruppe gibt es Unterschiede. Mechanische Beschädigungen können auch durch zu hohe Luftgeschwindigkeiten beim Sprühen entstehen. Nach Küthe (327) kann der Gefahr einer örtlichen Überdosierung und damit verbundener Pflanzenbeschädigung begegnet werden, wenn Tropfenverkleinerung umgekehrt proportional zur Wirkstoffkonzentrationserhöhung bei Herabsetzung des Flüssigkeitsaufwandes erfolgt. Bei hochkonzentrierten Brühen müßte theoretisch die Tropfengröße so gewählt werden, daß mit einem kleineren Tröpfchen nicht mehr Wirkstoff zur Ablagerung kommt als mit einem größeren Tropfen bei normal konzentrierter Brühe. Um einen möglichst günstigen Ablagerungseffekt der Tröpfchen zu erreichen, ist eine Verkleinerung der Tropfengröße allerdings nicht unbegrenzt möglich (s. Seite 448).

Spritzen, Sprühen und Nebeln zeigen, wie bereits behandelt, Unterschiede in der Tropfengröße. Das Spritzverfahren ist hinsichtlich der Tropfengröße am universellsten verwendbar, beim Sprühen können Nachteile kleiner Tropfengrößen noch durch den Gebläseluftstrom (hohe Luftmengen und angemessene Luftgeschwindigkeiten) ausgeglichen werden. Beim Nebeln nutzt man einen wesentlichen Vorteil kleinster Tropfen, sich lange schwebend zu halten, beschränkt den Einsatz aber auf Innenräume (wo der Wind nicht angreifen kann) und auf geschlossene Baumbestände, wo der Wind zwar als Träger benutzt wird, aber nicht zu stark und ungleich einwirkt. Das Nebelverfahren ist für großräumige, weniger für gezielte Behandlungen und nur unter besonderen Bedingungen für Niedrigkulturen geeignet.

Abb. 303: Gerät zur elektrischen Aufladung von Staubteilchen

Bei Stäubemitteln wird die Teilchengröße, die etwa bei 1—60 μ liegt, nicht vom Gerät, sondern vom Mittelhersteller bestimmt. Die physikalische Beschaffenheit der Präparate beeinflußt weitgehend Ausbringmenge und Verteilung des Mittels. Haftfähigkeit und Regenbeständigkeit sind Eigenschaften des Stäubemittels, die gerätetechnisch kaum beeinflußt werden können. Eine elektrische Aufladung (198) der Stäubeteilchen zum Zweck besserer Ablagerung erfolgt bei einigen Gerätetypen (Abb. 303). Ob dieser Methode größere praktische Bedeutung zukommt, muß die Zukunft zeigen.

Spritzen, Sprühen und Nebeln unterscheiden sich nicht nur in der Tropfengröße, sondern auch in der Menge der aufgewendeten Flüssigkeit. Die

unterschiedlichen Bestandshöhen und -formen machen es erforderlich, Grenzen und Möglichkeiten einer Wassereinsparung bei Pflanzenschutzmaßnahmen im Feld-, Obst-, Wein- und Hopfenbau sowie für den Forst u. a. Sparten getrennt zu behandeln. Doch sollen einige allgemeingültige Ergebnisse der Untersuchungen zur Herabsetzung des Flüssigkeitsaufwandes vorweggenommen werden. Beim Spritzverfahren (28, 30, 34, 41, 57, 95 a, 101, 134, 183, 184, 185, 186, 189, 190, 206, 207, 224, 227, 230, 234, 274, 279, 337, 372, 422, 423, 452, 501, 517, 533, 547, 634) ist die Flüssigkeit als Trägerstoff für das chemische Mittel wichtig. Im allgemeinen ist es leichter, hohe Flüssigkeitsmengen gleichmäßig zu verteilen als geringe. Vor allem sinkt mit der Herabsetzung des Flüssigkeitsaufwandes das Eindringvermögen in den Pflanzenbestand (Abb. 304). Untersuchungen (193, 194) zeigten aber, daß beim Sprühverfahren (30, 31, 34, 36, 37, 41, 58, 94, 95 a, 116, 117, 119, 121, 185, 186, 189, 206, 210, 222, 236, 274, 286, 376, 430, 431, 432, 436) bei geringem Flüssigkeitsaufwand Effekte erzielt werden können, die beim Spritzverfahren an hohen Wasseraufwand gebunden sind. Schütz (494) gibt dafür eine physikalische Erklärung. Nach ihm hängt der „Grad der Durchspülung eines Pflanzenbestandes direkt von der Größe der in Bewegung gesetzten Masse ab." Je größer der Widerstand ist, den der Pflanzenbestand der Durchdringung entgegensetzt, um so größer muß der Aufwand an Durchspülungsenergie sein, die nur als kinetische Energie $\frac{m \cdot v^2}{2}$ wirksam wird (m = Masse; $\frac{G}{g} = \frac{kg}{9{,}81\ m/sec.^2}$; v = Geschwindigkeit m/sec). Da der Geschwindigkeit praktisch Grenzen durch die Apparatur (Druck) sowie durch die Verletzbarkeit der Pflanzenteile gesetzt sind, ist die Geschwindigkeit (v) begrenzt. Die zur Durchdringung erforderliche kinetische Energie kann nur durch ausreichende Bemessung der Masse (m) erzielt werden.

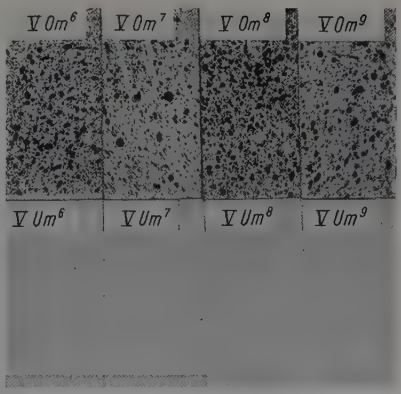


Abb. 304 a: Mit Herabsetzung des Flüssigkeitsaufwandes im Spritzverfahren sinkt das Eindringvermögen in den Pflanzenbestand. 600 l/ha (ca. 2/3 der nat. Größe)

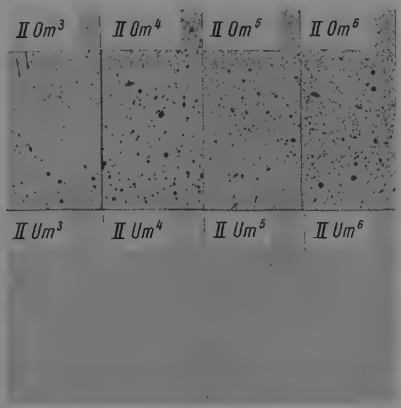


Abb. 304b: 200 l/ha Ablagerung der Spritztropfen auf Blättern der mittleren Pflanzenpartie. Om = Blattoberseite mittlere Pflanzenpartie, Um = Blattunterseite mittlere Pflanzenpartie (ca. 2/3 der nat. Größe)

Welchen Einfluß der Luftstrom auf die Durchdringung des Pflanzenbestandes hat, geht aus einem Vergleich 200 l/ha Sprühen mit 200 l/ha Spritzen hervor (Abb. 305).

Auch bei der Gegenüberstellung der Leistung zweier Sprühgeräte, die beide 100 l/ha ausbringen, erreicht das Gerät mit höherer Luftleistung (480 m³/h; Motorrückensprühgerät) den besseren Effekt als das Gerät mit kleiner Luftleistung (60 m³/h; fahrbares Feldsprühgerät). Auch der Vergleich von zwei Feldsprühgeräten mit unterschiedlicher Luftleistung zeigt die Überlegenheit des Gerätes mit höherer Luftleistung. Die Überlegenheit kommt nicht nur in der besseren Durchdringung des Pflanzenbestandes zum Ausdruck, sondern ebenso stark auch in der Ablagerung der Flüssigkeitstropfen. Die Herabsetzung des Flüssigkeitsaufwandes führt zwangsläufig zu einer Tropfenverkleinerung. Erfolgt eine Spritzbrühherabsetzung ohne gleichzeitige Tropfenverkleinerung, so wird der erreichbare Benetzungsgrad (Tabelle 4) geringer. Die Verkleinerung der Tropfengröße führt gleichzeitig aber, wie

Tabelle 4

Tropfengrößen bei verschiedenen Flüssigkeitsmengen je Hektar

a) bei gleichbleibender Tropfenzahl

Lfd. Nr.	Menge l/ha	Tropfengröße in μ	Tropfenzahl pro cm²	Benetzte Fläche pro cm² in %
1	600	270	580	33,3
2	400	236	580	25,4
3	200	188	580	16,0
4	150	170	580	13,2
5	100	149	580	10,0
6	25	94	580	4,0

b) bei gleichbleibender benetzter Fläche

Lfd. Nr.	Menge l/ha	Tropfengröße in μ	Tropfenzahl pro cm²	Benetzte Fläche pro cm² in %
1	600	270	580	33,3
2	400	180	1 300	33,3
3	200	90	5 250	33,3
4	150	68	9 100	33,3
5	100	45	20 700	33,3
6	25	11	322 300	33,3

schon behauptet, auch zu erhöhter Abtriftgefahr und zu einem höheren Anteil kleinster Tröpfchen, die zum Verschweben neigen. Diesen Nachteilen begegnet das Sprühverfahren durch Verwendung des Trägerluftstromes.

Bei der Berechnung des notwendigen Flüssigkeits- und Wirkstoffaufwandes (63, 105, 184, 187, 188, 195, 197, 220, 264, 356, 357, 499, 550, 579) bei den verschiedenen Verfahren geht man vom Bedarf beim althergebrachten Spritzverfahren mit hohem Wasseraufwand aus. Den Mittelaufwand gibt man vielfach in kg oder l je Flächeneinheit an, um der Schwierigkeit der

unterschiedlichen Konzentration bei verschieden hohem Flüssigkeitsaufwand zu entgehen.

Im Merkblatt 1 der Biologischen Bundesanstalt in Braunschweig beziehen sich Konzentrationsangaben auf das Normalspritzverfahren (z. B. 600 l/ha bei Feldbespritzung). Eine Erhöhung der Wirkstoffkonzentration erfolgt im gleichen Verhältnis wie die Einsparung von Flüssigkeit. Da die Mittel- und Flüssigkeitsaufwandmengen vor allem beim Sprühverfahren, aber auch beim Nebeln, nach den Aufwandmengen im Spritzverfahren berechnet werden können, werden zunächst die im Spritzverfahren erforderlichen Flüssigkeitsmengen und möglichen Einsparungen behandelt.

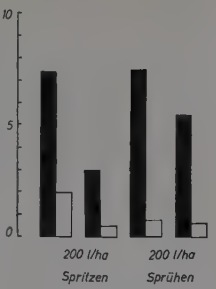


Abb. 305: Ein Vergleich von 200 l/ha Spritzen und 200 l/ha Sprühen. Schwarze Säule = Wirkstoffmengen (Blattoberseiten). Weiße Säule = Wirkstoffmengen (Blattunterseiten)

Nach den bisher gemachten Erfahrungen sollten bei Spritzmaßnahmen im Feldbau (42, 44, 48, 50, 59, 77, 89, 95b, 96, 111, 140, 141, 143, 161, 164, 171, 195, 196, 199, 233, 238, 262, 275, 287, 328, 354, 375, 378, 386, 387, 416, 462, 463, 464, 465, 481, 502, 569, 572, 633) folgende Flüssigkeitsmengen je ha möglichst nicht unterschritten werden:

I. Insektenbekämpfungsmittel

A. Fraß- und Kontaktinsektizide

a) gegen an oberen Pflanzenteilen sitzende Schädlinge
(z. B. Kartoffelkäfer) 200 l/ha

b) gegen am Pflanzengrund sitzende Schädlinge
(z. B. Tipulalarven) 600 l/ha

c) gegen bewegliche Insekten
(z. B. Kartoffelkäfer, Rapsglanzkäfer u. a.) 200 l/ha

d) gegen vorwiegend seßhaft lebende Schädlinge
(z. B. Blattläuse) 400 l/ha

B. Systemische Insektizide
gegen saugende Schädlinge 400 l/ha

II. Pilzbekämpfungsmittel

a) gegen Phytophthora 400 l/ha

b) gegen Cercospora 400 l/ha

III. Unkrautbekämpfungsmittel

A. Wuchsstoffhaltige Herbizide

a) im Getreide 400 l/ha

b) bei hohen Unkraut- bzw. Kulturpflanzenbeständen 400 l/ha und mehr

B. Ätzende Herbizide

a) im Getreide	600 l/ha
b) in besonderen Kulturen (z. B. Flachs)	800 l/ha

C. Unkrautmittel für Spezialkulturen

in Möhren, Petersilie, Sellerie, Rüben, Bohnen, Erbsen usw. 800—1000 l/ha

Im Obstbau (10, 11, 32, 38, 45, 94, 112, 129, 130, 163, 168, 202, 291, 310, 316, 317, 355, 363, 424, 455, 473, 510, 520, 542, 543, 570, 571, 597, 598, 608) bestimmt vor allem Alter, Größe, Art und Dichte der Obstanlage die Höhe des Flüssigkeitsaufwandes. Schwieriger als im Feldbau lassen sich im Obst-, Wein- und Hopfenbau wie auch im Forst feste und allgemeingültige Zahlen angeben, da Alter, Größe und Dichte der Pflanzenbestände überall verschieden, Schnitt-, Veredelungs-, Erziehungs- und Pflegemaßnahmen oft örtlich bedingt sind. Für das Spritzverfahren gilt im Obstbau zur Erzielung optimalen biologischen Effektes für Hochstämme die Faustregel: Die Winterspritzung benötigt soviel Liter Spritzbrühe, wie der Baum, vom Tag seiner Pflanzung berechnet, Jahre alt ist. Die Kurzvorblütespritzung erfordert 75 %, die Nachblütespritzung 50 % der für die Winterspritzung errechneten Literzahl. Bei Zugrundelegung des Kronendurchmessers werden Unterschiede im Wuchs noch besser berücksichtigt. Es gilt die Regel: zweimal den Kronendurchmesser in Metern = Liter Spritzbrühe bei der Winterspritzung. Bei Vor- und Nachblütespritzung benötigt man 75 % bzw. 50 % dieser Brühemenge. Andere Berechnungen legen den Stammumfang der Hochstämme zugrunde. Bei Spindelobst rechnet man 2—3 Liter je Baum, 3200—4800 l/ha (1600 Bäume), Buschobst je Baum 10 Liter, 4000 l/ha (400 Bäume), Beerenobst je Pflanze 1—2 Liter, 2500—5000 l/ha (2500 Sträucher).

Im Weinbau (40, 72, 160, 240, 290, 425, 426, 427, 518, 551, 599, 600, 603, 612) wechseln die Angaben über Aufwandmengen, die gute biologische Effekte garantieren, ebenfalls nach zeitlicher Lage der Spritzung, der Höhe der Wüchsigkeit der Reben, der örtlich angewandten Schnitt- und Pflegemaßnahmen stark. Trappmann und Zeumer (550) geben folgende Spritzbrühemengen an:

für 1/4 ha (2000 Rebstöcke)	1. Spritzung	250— 300 Liter
	spätere Spritzungen	400— 600 Liter
	bei starker Belaubung	600—1000 Liter
für 1 ha (8000 Rebstöcke)	1. Spritzung	1400 Liter
	spätere Spritzungen	3000—5000 Liter

Stäubemittel	
für 1/4 ha an Stäubeschwefel	7— 8 kg
an sonstigen fungiziden Stäubemitteln	20 kg
an insektiziden Stäubemitteln	10—15 kg

Im Hopfenbau (32, 121, 340) schwanken die Trieblängen im Laufe der Vegetationszeit von 2—6,5 m, auch hier ist im Frühjahr und Frühsommer der Bedarf geringer als später. Man rechnet für die Peronosporabekämpfung für 1000 Pflanzen bei den ersten Spritzungen (Ende Mai) mit 300 Litern Spritzbrühe, die bis August

bis 700 l ansteigt, im Durchschnitt mit 480 l, für die Blattlausbekämpfung werden 1000 l Spritzbrühe verwendet.

Die vorgenannten Angaben beziehen sich auf das althergebrachte Spritzverfahren. Sie können nicht auf das Sprühverfahren übertragen werden. Beim Sprühen werden bei geringem Flüssigkeitsaufwand Effekte erzielt, die im Spritzverfahren an höhere Flüssigkeitsmengen gebunden sind. Der Trägerluftstrom beim Sprühen fördert die Ablagerung des Wirkstoffes und die Durchdringung des Pflanzenbestandes. Die Ausnutzung dieser wesentlichen Vorteile ermöglicht Flüssigkeitseinsparungen. Bei der Bekämpfung pilzlicher Erkrankungen und sessiler Insekten sollte die Einsparung, solange keine anderen günstigen Erfahrungen vorliegen, gegenüber dem Normalaufwand im Spritzverfahren (600 l/ha) etwa im Verhältnis 1 : 4 erfolgen. Bei beweglichen Insekten ist Flüssigkeitseinsparung im Verhältnis 1 : 7, in besonders günstig gelagerten Fällen im Verhältnis 1 : 10 möglich. In jedem Fall ist die Anwendungskonzentration der Flüssigkeitseinsparung entsprechend heraufzusetzen. Konzentrationsberechnung erfolgt nach Koch (302) am zweckmäßigsten nach folgender Formel:

$$Q \cdot t \cdot n = 600 \text{ (oder 1600, 2000, 4000, 6000 je nach Kulturart)}$$

Diese Formel bezeichnet den Zusammenhang zwischen Ausbringleistung des Gerätes Q in l/min, der Spritz-, Sprüh- oder Nebelzeit t in min/ha und zwischen dem Vielfachen n der Spritznormalkonzentration für 600 l/ha (bzw. 1600, 2000, 4000 oder 6000 l/ha). Die Zahlenwerte gelten — entsprechend den Angaben im Pflanzenschutzmittel-Verzeichnis (Merkblatt Nr. 1 der Biologischen Bundesanstalt) — für das Spritzen mit einer Ausbringmenge von 600 l/ha im Feldbau (Flächenbehandlung), mit einem durchschnittlichen Brüheaufwand von 4000 l/ha im Obstbau (Spindelobst etwa 1600 Bäume/ha, Buschobst etwa 400 Bäume/ha) und von 2000 l/ha im Hopfenbau (4000 Stöcke/ha); im Weinbau sind die Erfahrungen in den einzelnen Anbaugebieten zugrunde zu legen, z. B. Untermosel 6000 l/ha oder Rheingau 1600 l/ha.

Bringt man beispielsweise im Feldbau auf 1 ha 600 l Brühe aus, so muß man mit einem Gerät einer bestimmten Ausbringleistung (Q in l/min) soviele Minuten je ha (t in min/ha) spritzen, daß das Produkt aus dieser Spritzzeit und aus der Ausbringleistung des Gerätes die verlangte Gesamtausbringmenge von 600 (l/ha) ergibt, also $Q \cdot t = 600$.

Werden nicht mehr 600 l/ha ausgebracht, sondern ein n-ter Teil (z. B. beim Sprühen), also $\frac{600}{n}$ auf der rechten Seite der Gleichung, so bleibt die linke Seite der Gleichung in ihrem Ansatz erhalten. Es müssen sich allerdings, um auf $\frac{600}{n}$ zu kommen, entweder die Geräteleistung oder die Sprühzeit oder auch beide Werte gegenüber der Spritzgleichung geändert haben. Da der n-fache Wert, um den sich die Brühemenge gegenüber dem Spritzen (600 l/ha) verringert hat, gleichzeitig die Zahl angibt, mit der die Grundkonzentration 1 vergrößert werden muß, um gleiche Wirkung (gleiche Mittelmenge) auf der Fläche von 1 ha zu erzielen, so gibt also n auch unmittelbar den Zahlenwert für die Bestimmung der Sprühkonzentration an. Es ist $Q \cdot t \cdot n = 600$ (für den Feldbau).

Geht man davon aus, daß im Feldbau die Grenzen der Aufwandmengen beim Sprühen zwischen 50 und 150 l je ha liegen bei Arbeitszeiten von 10 bis 30 Minuten je ha, so ergibt sich ein günstigster Wert für die Ausbringleistung eines fahrbaren Feldsprühgerätes mit 5 l/min. Man beherrscht damit praktisch die 4- bis 12fache Konzentrationserhöhung und die Sprühzeiten von 10 bis 30 min/ha ($n \cdot t = 600 : 5 = 120$; für $t = 10$ ist $n = 12$ [50 l/ha] und für $t = 30$ ist $n = 4$ [150 l/ha]). Ein günstiger Geräteleistungswert für die rückentragbaren Motorsprühgeräte im Weinbau ist $Q = 2$ l/min. Der Wert gilt für Aufwandmengen beim Sprühen von 200 bis 400 l/ha und Sprühzeiten je ha von 100 bis 200 Minuten (Rheingau). Die Konzentrationserhöhungen sind hierbei 4- bis 8fach ($n \cdot t = 1600 : 2 = 800$; für $t = 100$ ist $n = 8$ [200 l/ha] und für $t = 200$ ist $n = 4$ [400 l/ha]).

Bei ungünstig hohen Konzentrationen hat man es in allen Fällen in der Hand, die Konzentrationen herabzusetzen und die Sprühzeiten zu erhöhen. Je mehr sich n der Zahl 1 — der Grundkonzentration — oder Werten, die kleiner als 1 sind, nähert, desto näher kommt man den Aufwandmengen und den Gerätleistungen, wie sie beim Spritzen üblich sind. Höhere Konzentrationen als $n = 12$ — soweit sie überhaupt möglich oder zulässig sind — führen bei festen Mitteln, meistens schon bei wenig größeren Werten, zu Verstopfungen der Düsen.

Eine schnelle Konzentrationsbestimmung ist auch mit der Proportionsgleichung

$$n\ \text{sprüh} = \frac{n\ \text{spritz} \cdot A\ \text{spritz}}{A\ \text{sprüh}}$$

möglich. Darin bedeuten n sprüh die gesuchte Konzentration für das Gerät, das weniger Flüssigkeit pro Objekt verteilt, als es im Spritzverfahren geschieht, n spritz die Normalkonzentration der Brühe, wie sie im Pflanzenschutzmittel-Verzeichnis der Biologischen Bundesanstalt für das Spritzverfahren angegeben wird, A spritz den üblichen Brühemengenaufwand pro Objekt im Spritzverfahren und A sprüh den tatsächlichen Flüssigkeitsaufwand pro Objekt mit dem wassersparenden Gerät. Die Konzentration wird in % ausgedrückt und der Flüssigkeitsaufwand in l/Objekt. Diese einfache Formel ist in vielen Fällen für den Praktiker nützlich, sie läßt aber keine Schlüsse auf die Art zu, wie die Geräteleistung und die Arbeitszeit zu berücksichtigen sind, wenn diese Faktoren beachtet werden müssen. Haronska (201 b) teilt zu diesem Zwecke die Zeit t, die in der Formel $Q \cdot t \cdot n = 600$ (oder 1600, 2000, 4000 oder 6000) nach Koch (302) für das Spritzen, Sprühen oder Nebeln eines Hektars einer bestimmten Kulturart zur Vereinfachung nach Erfahrung gewählt wird, durch die zusätzliche Einbeziehung von Arbeitsbreite, der Reihenabstände und von Gang- oder Fahrgeschwindigkeit für spezielle Berechnungsfälle auf. Er schlägt für die Bestimmung von A spritz bzw. A sprüh in der genannten Proportionsgleichung die Anwendung folgender Formeln vor:

$$\text{Liter/ha im Feldbau} = \frac{166{,}7 \cdot Q}{m \cdot v}$$

Liter/ha in Obstspalieren, Obsthecken, Reben usw. (d. h. bei Reihenpflanzungen, bei denen innerhalb der Reihen praktisch keine Zwischenräume bestehen), wenn das Gerät vollmechanisch-zweiseitig arbeitet

$$= \frac{166{,}7 \cdot Q}{R \cdot 1 \cdot v}$$

Bei vollmechanisch-einseitig arbeitenden Geräten setzt man an Stelle 166,7 den Faktor 333,4.

Liter/ha in Spindelbüschen, Halbstämmen usw.
(d. h. Reihenpflanzungen mit deutlichen Abständen von Pflanze zu Pflanze innerhalb der Reihen)

$$= \frac{p \cdot 10\,000}{R_1 \cdot R_2}$$

Diese Formel gilt für vollmechanisch-einseitig und zweiseitig arbeitende Geräte.
Die Leistung des Gerätes bestimmt man wie folgt:

$$Q = \frac{p \cdot v \cdot 60}{K}$$

Bei einseitig arbeitenden Geräten tritt anstelle des Faktors 60 der Faktor 30.
(Beim Ley-Spritzgestänge, bei dem ein Spritzen in die Zwischenräume weitgehend vermieden wird, tritt an Stelle von K der Faktor R_1)

Die in den vorstehenden Formeln genannten Buchstaben haben folgende Bedeutung: Q = Ausstoß des Gerätes an der oder an den Düsen in l/min, m = Arbeitsbreite von Feldgeräten in m, v = Fortbewegungsgeschwindigkeit des Gerätes in m/sec, R_1 = Abstand von Reihe zu Reihe in m, R_2 = Abstand innerhalb der Reihen von Pflanze zu Pflanze in m, p = Brühemenge pro Einzelpflanze in l, K = Kronen- bzw. Pflanzendurchmesser in m.

Im Weinbau, wo Wasser- und Brühetransport sich häufig besonders schwierig gestalten, hat sich das Sprühverfahren nach technischer Vervollkommnung der Sprühgeräte rasch eingebürgert. Das Sprühen verdrängt hier bei guter biologischer Wirkung immer mehr das Spritzverfahren. Auch im Obstbau ist nach durchgeführten Vergleichsversuchen die Wirkung im Sprühverfahren ausgebrachter Präparate ebenso gut wie die Applikation im Spritzverfahren. Allerdings zeitigte die Anwendung von Winterspritzmitteln im Sprühverfahren nicht die Erfolge, die im Spritzverfahren erreicht werden können. Karbolineen, Mineralöle sowohl wie Gelbspritzmittel oder Mischungen dieser Wirkstoffe bringen, mit hohem Flüssigkeitsaufwand ausgebracht (Winterwaschung, winter-washing) besseren biologischen Effekt. Während vor allem in außereuropäischen Gebieten im Obstbau schon in großem Umfang gesprüht wird, konnte dieses Verfahren im deutschen Obstbau nicht so rasch Fuß fassen. Die Gründe dafür waren das Fehlen geeigneter vollmechanisch arbeitender Sprühgeräte, die in ihrer Leistung auf die deutschen Anlagengrößen abgestimmt sind. Halbmechanisch arbeitende Sprühgeräte ergaben bei Wirtschaftlichkeitsvergleich keine Vorteile gegenüber den vielfach verwendeten vollmechanisch arbeitenden Spritzgeräten (202, 203). Inzwischen sind jedoch geeignete Geräte als Anhänger-, Nachläufer- und auch Anbaukonstruktionen vorhanden, so daß einer Umstellung auf das Sprühverfahren auch bei vorhandenen älteren Gerätetypen nichts mehr im Wege steht.

In Ländern mit gemischtwirtschaftlicher Struktur der landwirtschaftlichen Betriebe müssen die Geräte universell einsetzbar sein. Nach bisherigen Erfahrungen dürften Feldsprühgeräte mit Höchstausbringmengen von 200 l/ha lediglich als Spezialgeräte anzusehen sein. Universelle Einsatzmöglichkeit macht Einstellbereiche bis mindestens 400 l/ha erforderlich. Zur Zeit werden bereits fahrbare Feldsprühgeräte mit möglichen Ausbringmengen bis 500 l/ha hergestellt, deren Vorteil vielseitige Verwendbarkeit ist. Die Möglichkeit der Ausbringung ätzender Herbizide

ohne Schädigung der Kulturpflanzen im Sprühverfahren ist noch nicht einwandfrei geklärt. Die Erfahrungen, die in den verschiedenen Ländern gemacht wurden, sind sehr unterschiedlich und wohl auch präparateabhängig. Unter bestimmten Verhältnissen und Bedingungen kann es notwendig sein, unbedingt mit einem Mindestaufwand an Flüssigkeit zu arbeiten, selbst auf die Gefahr hin, daß nicht der bestmögliche Erfolg erzielt wird. Das gilt vor allem für aride und semiaride Gebiete. Die Wasserknappheit zwingt in solchen Regionen dazu, mit geringstem Flüssigkeitsaufwand zu sprühen.

Das Nebelverfahren (18, 29, 49, 65, 68, 69, 79, 102, 103, 128, 131, 133, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 213, 218, 286, 297, 326, 329, 371, 383, 384, 413, 415, 453, 455, 504, 505, 506, 507, 521, 531, 552, 554, 555, 565, 592, 593) findet seine ungünstigste Beurteilung im Feldbau. Das ist verständlich, denn bei der Behandlung von Feldkulturen ist der Nebel am stärksten ungünstigen horizontalen und vertikalen Windeinflüssen ausgesetzt. Besonders in Küstennähe gibt es nur wenige windstille oder windschwache Tage. Der wesentliche Vorteil der Nebelgeräte, mit ihnen großräumig behandeln zu können, geht verloren, wenn man sich bei der Behandlung auf wenige Morgen- und Abendstunden beschränken wollte. Eine genaue Berechnung der Mittelmenge je ha, wie beim Spritzen und Sprühen, ist beim Nebeln kaum möglich, da die Verteilung auf die Gesamtfläche nicht gleichmäßig ist. Die auf den einzelnen Quadratmeter gelangende Wirkstoffmenge nimmt mit der Entfernung vom Gerät ab. Die Wirtschaftlichkeit des Nebelverfahrens ist dann in Frage gestellt, wenn ein Spezialnebelgerät eingesetzt wird, das man nur an wenigen Tagen im Jahr benötigt, gegenüber den niedrigen Amortisationskosten bei Schädlingsbekämpfungsgeräten, die vielseitig Verwendung finden. Die Wirkung beim Nebeln entspricht nicht der sichtbaren Nebelwolke. Die Wirkungstiefe variiert je nach Kulturart, Pflanzendichte (Filterwirkung), aufgewendeter Wirkstoffmenge, Teilchengröße und je nach den meteorologischen Bedingungen.

Gute Ergebnisse wurden im Kaltnebelverfahren gegen Weizengallmücke erzielt. Kaltnebel ist schwerer als Heißnebel und setzt sich deshalb besser ab.

Im Obstbau hat sich der Einsatz von Nebelgeräten vor allem gegen die Kirschfruchtfliege *(Rhagoletis cerasi* L.) gut bewährt. Die relativ regenfesten Nebelbeläge bringen bei einmaliger Behandlung einen ausreichenden Bekämpfungserfolg. Der Einsatz von Nebelgeräten ist in erster Linie in größeren Baumbeständen möglich. Das Nebeln ist überhaupt das geeignete Verfahren für geschlossene Baumbestände. Es hat deshalb bei Einsätzen im Forst (64, 65, 66, 97, 98, 107, 108, 113, 165, 166, 273, 342, 350, 539, 540, 541, 582) gegen Insekten allgemein gute Erfolge gebracht. Es ist selbstverständlich, daß bei der Windabhängigkeit des Verfahrens auch Mißerfolge vorkommen.

Bei der Unabhängigkeit von Wetter- und Windeinflüssen ist der Vorratsschutz (428) in geschlossenen Räumen das gegebene Anwendungsgebiet der Schädlinsbekämpfung mit Nebelpräparaten für Kalt- und Warmnebel. Es muß nur unter allen Umständen darauf geachtet werden, daß beim Arbeiten mit Heißgasnebelgeräten die absolute Sicherung gegen Staubexplosionen — insbesondere in Silozellen — gewährleistet ist.

Im allgemeinen beschränkt sich der Einsatz des Nebelverfahrens auf die Bekämpfung tierischer Schädlinge. Die Versuche zur Anwendung fungizider Nebel

(525) haben noch nicht allgemein zum erfolgreichen praktischen Einsatz im Freiland geführt.

Bei der Bekämpfung mancher Pflanzenkrankheiten und -schädlinge wird die Forderung nach gründlicher Behandlung auch der Blattunterseiten erhoben. Besonders bei Pflanzenschutzgeräten für den Feldbau haben sich die Konstrukteure bemüht, auf den verschiedensten Wegen das Ziel ausreichender Blattunterseitenbehandlung zu erreichen. Im Normalspritzverfahren wird eine befriedigende Blattunterseitenbehandlung nicht erreicht. Zunächst versuchte man, durch besondere Düsenanordnung den gewünschten Effekt zu erzielen. Die tiefhängenden, von unten nach oben spritzenden Düsen bewährten sich jedoch nicht. Zur Zeit der zweiten Phytophthoraspritzung z. B. ist der Bestand bereits geschlossen, ein Durchziehen tiefhängender Düsen praktisch unmöglich. Dort allerdings, wo größere Reihenabstände üblich sind, wurden derartige Düenanordnungen länger verwendet (Abb. 306). Bei einer schwedischen Konstruktion spritzen die Düsen nur von unten nach oben und werden auf kleinen Schlitten hinter der Maschine hergezogen (Abb. 307). Ein ähnliches Prinzip wandte bereits 1914 Holder bei seiner Rückenspritze an (Abb. 308). In Deutschland hat man dann versucht, durch einen breiten Luftstrahl (Abb. 309), der gleichzeitig mit der verspritzten Flüssigkeit in den Pflanzenbestand geblasen wird (318),

1. den Spritzschleier windfester zu machen,
2. die Pflanzen durch den Luftstrahl hin- und herzubewegen, so daß sie dem Spritzschleier immer neue Angriffsflächen bieten, und
3. die feinen Tröpfchen im Kraut so zu verwirbeln, daß auch die Blattunterseiten getroffen werden.

Das Prinzip läßt sich auch heute auf moderne Sprühgeräte übertragen. Bei den ersten Spritzgeräten, die mit zusätzlichem Luftstrom arbeiteten, waren die Luftleistungen viel zu gering, als daß man wirkliche Erfolge in der Blattunterseitenbehandlung erwarten konnte.

Bei verschiedenen Geräten hat man eine Blattunterseitenbehandlung durch Anbringung eines Krautniederhalters (Abb. 310) angestrebt. Die Pflanzen werden von diesem umgewendet und von dem in Fahrtrichtung schräg nach

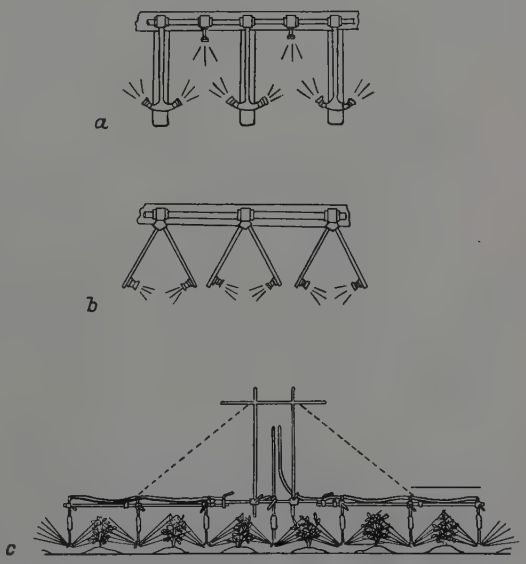


Abb. 306: Düsenanordnung a) zur Behandlung der Blattober- und -unterseiten, b) zur beiderseitigen Bespritzung der Pflanzenreihen (nach Werkbild: Myers Brothers, Ashland, USA), c) zur allseitigen Benetzung der Kulturpflanzen (nach Werkbild: Phillips & Pain-Vermorel)

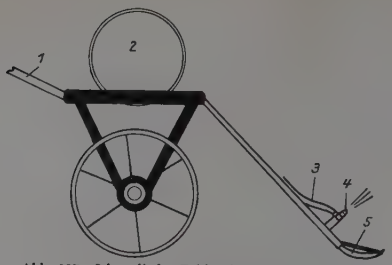
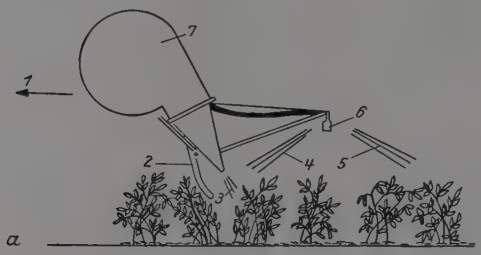
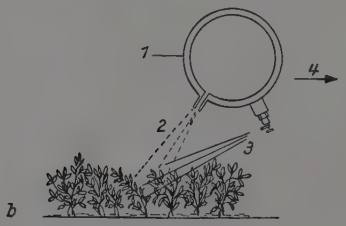


Abb. 307: Schwedische Feldspritze mit Düsen, die nur nach oben spritzen. 1 = Deichsel, 2 = Behälter, 3 = Schlauch, 4 = Düse, 5 = Schlitten (nach Kremp, 1949)





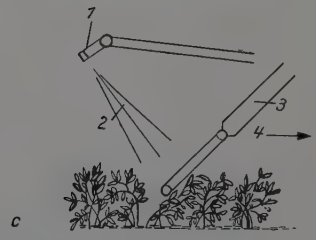


Abb. 309: Konstruktionsversuche zur Erreichung einer Blattunterseitenbehandlung. a) und b) zusätzlicher Gebläseluftstrom soll den Pflanzenbestand in Bewegung setzen. a) 1 Fahrtrichtung, 2 Krautniederhalter, 3 Luft, 4 und 5 doppelter Spritzstrahl, 6 Düse, 7 Gebläse. b) 1 Blasrohr, 2 Luftstrahl, 3 Spritzstrahl, 4 Bewegungsrichtung. c) ein Strahlrohrbügel, (3) öffnet und bewegt den Pflanzenbestand, 1 Düse, 2 Spritzstrahl, 4 Bewegungsrichtung (nach Kremp, 1949)

Abb. 308: Rückenspritze Holder (1914) mit Düsen, die von unten nach oben spritzen (nach Kremp, 1949)

unten spritzenden Düsenstrahl getroffen. Es erscheint aussichtsreicher, durch einen Stahlrohrbügel die Kartoffelstaude umzuwenden, als ähnliches durch eine Luftdusche bei geringer Luftleistung erreichen zu wollen. Die Untersuchung ergab jedoch, daß sich bei Verwendung des Krautniederhalters die teilweise Behandlung der Blattunterseiten nur auf den oberen Teil der Kartoffelstaude beschränkt. Dort, wo die Blattunterseitenbehandlung wie bei der Bekämpfung der Phytophthora besonders wünschenswert erscheint, nämlich im Inneren der Kartoffelstaude, wurde sie nicht erreicht.

Es erhebt sich grundsätzlich die Frage, ob eine Blattunterseitenbehandlung in allen geforderten Fällen wirklich notwendig ist. Zumindest bei der Phytophthorabekämpfung, wo die

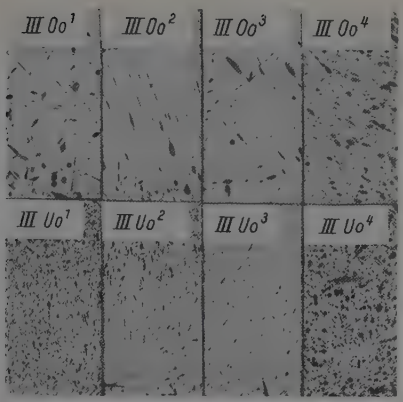


Abb. 310 a: Behandlung der Blattunterseiten (a) der oberen Pflanzenpartie bei Verwendung des Stahlrohrbügels (Krautniederhalter)

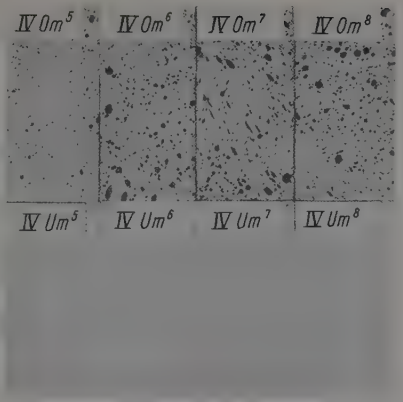


Abb. 310 b: In der mittleren Pflanzenpartie wurde eine über das normale Maß hinausgehende Blattunterseitenbehandlung nicht erzielt (b)

Behandlung besonders gefordert wird, wurden gute Erfolge auch mit solchen Geräten erzielt, mit denen keine nennenswerte Behandlung der Blattunterseiten erreicht wird. Der auf der Blattoberseite aufgebrachte Wirkstoff wird vor allem bei leichtem Regen von dort auf die Unterseite transportiert (Tabelle 5). Bei Einsatz von Hubschraubern schützt der von der Luftschraube erzeugte Luftstrom den Flüssigkeitsschleier vor Windverwehungen (Abb. 311). Durch den Rotorwind wird außerdem eine Behandlung der Blattunterseiten bewirkt. Bei Starrflügelflugzeugen wird das Niederschlagen und Verwirbeln des Sprühschleiers durch den Fahrtluftstrom erreicht.

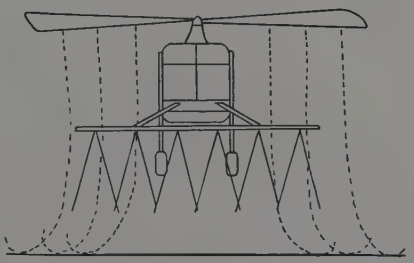


Abb. 311: Der Rotorwind des Hubschraubers fördert die Wirkstoffablagerung auf Blattober- und -unterseiten (nach Kremp, 1949)

Die Wirtschaftlichkeit von Pflanzenschutzmaßnahmen hängt von vielen Faktoren ab. In diesem Zusammenhange sollen Wirtschaftlichkeitsvergleiche nur im Hinblick auf den Geräteeinsatz behandelt werden. Vergleichbar sind selbstverständlich nur solche Gerätetypen, die gleichen biologischen Effekt bewirken. SCHUMACHER (481) benutzt für Wirtschaftlichkeitsberechnungen folgende Formeln:

$$K1 = \frac{f + v}{S \times m} \quad \text{bzw.} \quad K2 = \frac{f + v}{S}$$

Dabei sind f = fixe Kosten,
v = variable Kosten,
S = Stundeneinsatz des Gerätes pro Jahr
m = min/ha
K1 = Gerätekosten pro ha bei einmaliger Behandlung des Feldes
K2 = Gerätekosten pro Betriebsstunde

Tabelle 5

Relative Cu-Werte in Prozenten (Cu-Werte vor Regen = 100 %)

		Relative Cu-Werte	Spritzen				Sprühen							
			600 l/ha		200 l/ha		200 l/ha		100 l/ha*)		100 l/ha		50 l/ha	
			obere Staudenpartie	mittlere Staudenpartie	obere Staudenpartie	mittlere Staudenpartie	obere Staudenpartie	mittlere Staudenpartie	obere Staudenpartie	mittlere Staudenpartie	obere Staudenpartie	mittlere Staudenpartie	obere Staudenpartie	mittlere Staudenpartie
I.	Blattoberseiten	vor Regen	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		nach leichtem Regen	45,1	56,8	27,8	66,7	27,0	25,9	63,2	58,1	80,6	90,0	29,5	57,1
		nach starkem Regen	1,2	13,6	6,9	53,3	—	—	1,6	32,2	1,7	85,0	36,4	135,7
II.	Blattunterseiten	vor Regen	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		nach leichtem Regen	111,5	76,9	45,0	200,0	214,3	100	88,0	188,2	138,5	116,7	86,7	160,0
		nach starkem Regen	11,5	23,1	5,0	60,0	—	—	24,0	17,6	53,9	33,3	21,4	120,0
III.	Blattober- und Blattunterseiten	vor Regen	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		nach leichtem Regen	61,1	61,4	31,5	85,7	43,2	34,4	71,6	104,2	95,9	96,1	44,1	84,2
		nach starkem Regen	3,7	15,7	6,5	54,3	—	—	18,9	27,1	26,6	73,1	39,9	131,6

*) Rückentragbares Sprühgerät

Die fixen Kosten sind die Leerzeitkosten, die sich aus Benutzungskosten (Verzinsung des Gerätekapitals) und Abnutzungskosten (Unterhaltungskosten, Amortisation und Versicherungskosten) zusammensetzen.

Die variablen Kosten oder Betriebskosten umfassen den Arbeitsaufwand (Personal, Arbeitszeit, Zugkräfte, zusätzliche Pflege u. a.), die Materialbeschaffungskosten (Treibstoff, Öl, Schmiermittel, Pflanzenschutzmittel) und die Verschleißkosten.

Schumacher und Haronska (486) haben 1951 vergleichende Wirtschaftlichkeitsberechnungen für den Einsatz von Pflanzenschutzgeräten für den Feldbau durchgeführt. In diese Untersuchung wurden 25 Geräte bzw. Bekämpfungsverfahren einbezogen. Die errechneten Werte können selbstverständlich nur Anhaltspunkte für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit der einzelnen Geräte liefern. Änderung der Arbeitsbreite des Gerätes, unterschiedlicher Flüssigkeitsaufwand, verschiedene Fahrgeschwindigkeiten und viele andere Faktoren beeinflussen die mögliche Stundenflächenleistung bzw. Tagesleistung der Geräte und damit auch die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens erheblich. Auch das Lohnniveau im Einsatzland spielt bei den Wirtschaftlichkeitsberechnungen eine entscheidende Rolle. So wird es in Ländern mit hohen Löhnen notwendig sein, Geräte zu verwenden, die vollmechanisch arbeiten und nur einen Bedienungsmann erfordern, im anderen Land, wo billige Arbeitskräfte zur Verfügung stehen, kann umgekehrt der Einsatz eines meist billigeren Gerätes, das aber zwei oder mehr Bedienungsleute erforderlich macht, wirtschaftlicher sein.

Reisch (440) stellt fest, daß billige, einfache Geräte, die sich auch der kleinste landwirtschaftliche Betrieb leisten kann, nur geringe Kapitalkosten verursachen. Sie erfordern aber in der Regel einen hohen Arbeitsaufwand. Demgegenüber setzen leistungsfähige Aggregate beträchtliche Kapitalkraft voraus, während die Kosten der Arbeit sehr niedrig liegen. Die Abb. 312 vermittelt einen Eindruck von den Kapitalkosten für Pflanzenschutzgeräte und deren Belastung je ha Einsatzfläche für Rückenstäuber, Rückenspritze, Motorrückenstäuber, Gespannfeldspritze, Motorfeldspritze, Schlepperanhängegerät. Der Einfachheit wegen wurde bei dieser Berechnung nicht zwischen Abschreibung nach Alter und nach Benutzung unterschieden, sondern allgemein der Satz von 20 v. H. des Anschaffungspreises als jährliche Kosten für Abschreibung, Verzinsung und Reparatur eingesetzt.

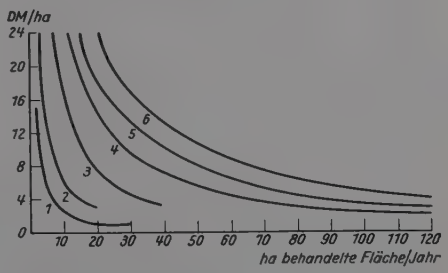


Abb. 312: Kapitalkosten für Pflanzenschutzgeräte und Belastung je ha Einsatzfläche für Rückenstäuber (1), Rückenspritze (2), Motorrückenspritze (3), Gespannfeldspritze (4), Motorfeldspritze (5), Schlepperanhängegerät (6) (nach Reisch, 1956)

Die Gerätekosten der Stäubegeräte sind niedrig. Bei guter Ausnutzung z. B. des Rückenstäubers bleibt die Belastung unter 1,— DM/h. Teurer arbeitet die Rückenspritze, vor allem wegen ihrer geringen Flächenleistung. Bei den Pferde-, Motor-

und Schleppergeräten zeigt sich deutlich, daß sie eine Einsatzfläche von 40, 60 und 80 ha/Jahr voraussetzen, wenn die Gerätekosten zu keiner hohen Belastung werden sollen. Schon die verhältnismäßig billige Gespannspritze mit Radantrieb verursacht Kosten von 30,— und mehr DM/ha, wenn sie nur auf wenigen ha jährlich zum Einsatz kommt. Wo die Flächen des Einzelbetriebes zum wirtschaftlichen Einsatz betriebseigener leistungsfähiger Geräte nicht ausreichen, geht man vielfach den Weg gemeinschaftlichen oder außerbetrieblichen Maschineneinsatzes. Manche Gründe legen den zweiten Weg nahe, so z. B. die bessere Sachkenntnis eines Spritzwartes, Entlastung der Betriebe von zusätzlichen Investitionen und Arbeiten, termingerechte Erledigung der Pflanzenschutzmaßnahmen, Großeinkauf und damit Verbilligung der Bekämpfungsmittel.

Als weitere Kosten der Hilfsmittel kommen bei den Spritzverfahren Wasserkosten, Kosten der Anfuhr u. a. hinzu. Ferner benötigen alle motorgetriebenen Aggregate Betriebsstoffe. Jedoch bleiben diese kleinen zusätzlichen Kosten in bescheidenem Rahmen. Die meisten Motorspritzen benötigen hierfür weniger als 1,— DM/Einsatzstunde.

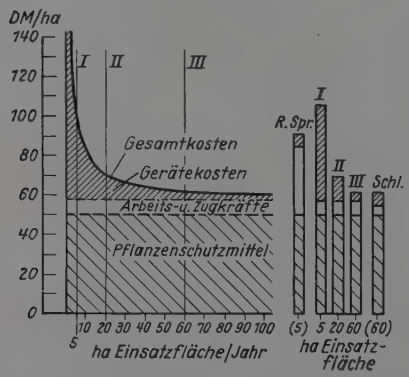


Abb. 313: Kosten einer dreimaligen Phytophthorabespritzung in Abhängigkeit von der Größe der Einsatzfläche (I = Einsatzfläche 5 ha, II = Einsatzfläche 20 ha, III = Einsatzfläche 60 ha, R. spr. = die entsprechenden Werte beim Einsatz einer Rückenspritze [5 ha] und Schl. = entsprechende Werte beim Einsatz einer Schlepperspritze [60 ha])
(nach Reisch, 1956)

Reisch (440) zeigt am Beispiel der Kosten einer dreimaligen Phytophthorabekämpfung mit Gespannfeldspritze die Abhängigkeit von der Größe der Einsatzfläche (Abb. 313). Er nimmt die Aufwendung für das Pflanzenschutzmittel gleichbleibend mit 50 DM/ha an. Die Arbeits- und Zugkraftkosten bleiben für ein bestimmtes Verfahren ebenfalls gleich hoch, unabhängig von der jährlichen Einsatzfläche. Für die Darstellung wurde angenommen, daß in einer Stunde 1 ha Feld von einem Mann mit einem Pferd behandelt wird und daß für je 3 ha eine Wasserfuhre (= 1 AK- und 1 Pferdestunde) notwendig ist. Damit erhält man für drei Spritzungen bei 2,— DM je Stunde für Gespannführer und Pferd als Arbeitskosten den Betrag von 8,— DM/ha. Unabhängig von der Einsatzfläche ergibt sich so ein kaum zu beeinflussender Betrag von 58,— DM/ha. Der einzige, stärker variable Posten sind die Gerätekosten, die bei einem bestimmten Gerät vor allem vom Ausnützungsgrad bestimmt werden. Sie ergeben auch die wechselnde Zusammensetzung der Gesamtkosten. Während im ersten Fall bei dreimaligem Einsatz der Feldspritze auf 5 ha Kartoffeln die Ausbringungskosten mit 53 v. H. den Hauptanteil der Gesamtkosten ausmachen, überwiegen bei 60 ha Einsatzfläche die Mittelkosten mit über 80 v. H. bei weitem. Beim heutigen Stand der Gerätetechnik kann verlangt werden,

daß die wirksame Komponente des Pflanzenschutzaufwandes, die Bekämpfungsmittel, mindestens 75 v. H. der Gesamtkosten einnimmt.

Ein Vergleich von Rückenspritze, Gespannspritze und Schlepperspritze zeigt den Übergang vom arbeitsaufwendigen zum arbeitssparenden Verfahren. Reisch (440) führt aus dem Hopfenbau als Beispiel die Verwendung von Pferdespritze mit 200-l-Faß und Schlepperspritze mit 600-l-Faß an (Abb. 314). Im Fall I (Pferdespritze) arbeiten 2 Mann mit 1 Spritzrohr, im Fall II (Schlepperspritze) 3 Mann mit 2 Spritzrohren. Der Zeitaufwand konnte von 78 auf 33 Stunden je ha, also um 58 %, gesenkt werden. Der Arbeitsaufwand wurde allerdings nicht im gleichen Maße verringert. Es konnte eine Einsparung von 30 % erzielt werden. Der Grund für die geringere Senkung des Arbeitsaufwandes beruht auf der Notwendigkeit von 3 gegenüber 2 Bedienungsleuten bei Einsatz der Gespannspritze. Hinsichtlich der Kosten ergibt sich, daß bei gleicher jährlicher Einsatzfläche die Ausbringung bei Einsatz der Schlepperspritze um etwa 10 % teurer ist, daß jedoch bei Ausnutzung der doppelt so großen Schlagkraft eine Senkung der Ausbringungskosten um 20 % möglich wäre. Das vorgenannte Beispiel zeigt, daß noch wirtschaftlicheres Arbeiten die Verwendung solcher Geräte voraussetzt, die bei großer Flächenleistung mit einem Mindestaufwand an Bedienungsleuten, d. h. bei Bodengeräten mit nur 1 Bedienungsmann auskommen.

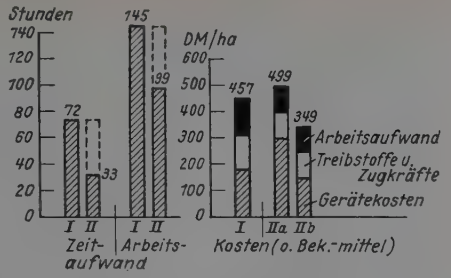


Abb. 314: Kostenvergleich bei Verwendung einer Pferdespritze (I) mit 200-l-Faß und einer Schlepperspritze mit 600-l-Faß. Senkung des Zeitaufwandes von 72 auf 33 Stunden, des Arbeitsaufwandes von 145 auf 99 Stunden. Der Kostenvergleich ergibt bei gleicher jährlicher Einsatzfläche Vorteile für die Pferdespritze 457,— DM gegenüber 499,— DM bei der Schlepperspritze. Die Ausnutzung der größeren Flächenleistung einer Schlepperspritze bringt jedoch für dieses Gerät Vorteile. Der Kostenaufwand beträgt 349,— DM gegenüber 457,— DM bei der Pferdespritze (nach Reisch, 1956)

Haronska (203) vergleicht im Obstbau das halbmechanische Sprühen (z. B. Baumsprühgerät, erforderlich zwei Arbeitskräfte) und das vollmechanische Spritzen (z. B. Geräte, die nach der speed-air-Methode arbeiten, erforderlich eine Arbeitskraft). Nach diesen Untersuchungen verursachen in Spindelobstanlagen halbmechanisches Sprühen und vollmechanisches Spritzen etwa gleiche Kosten, während bei halbmechanischen Spritzen die höchsten Kosten entstehen (Tabelle 6). Vollmechanisches Sprühen könnte noch wirtschaftlicher sein, da nur noch 1 Bedienungsmann benötigt wird. Hohe Stundenflächenleistung der Geräte hat nicht nur in wirtschaftlicher, sondern auch in biologischer Hinsicht hohe Bedeutung, da leistungsfähige Geräte in der Regel erst gestatten, auf weiten Flächen eine termingerechte Behandlung zu erreichen. In diesem Zusammenhang ist vor allem der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln aus der Luft zu nennen. Vorteile eines Hubschrauber- oder Flugzeugeinsatzes sind die große Flächenleistung, die Möglichkeit der Behandlung unbefahrbarer Areale ohne jegliche Pflanzenbeschädigung durch Geräte.

Nach Auffassung von W. S. Hough und A. F. Mason (227) sind die Maßnahmen aus der Luft wetterabhängiger als die Behandlung mit Bodengeräten. Außerdem

Tabelle 6

Wirtschaftlichkeitsvergleiche bei verschiedenen Spritz- und Sprühverfahren (Halbmechanisches Spritzen = 100)

	je Baum und Spritzung		
	halbmechan. Spritzen	vollmechan. Spritzen	halbmechan. Sprühen
Brüheaufwand	100	72	6
Gesamtzeitaufwand	100	52	38
Personalaufwand	100	60	67
Mittelkosten	100	71	53
Kosten für Verteilung der Mittel	100	56	81
Gesamtkosten	100	66	63

reicht die Wirkung nicht ganz an die heran, die mit Bodengeräten erzielt wird. Der Flugzeugeinsatz macht weitgehende Senkung des Flüssigkeitsaufwandes notwendig, da die Ladefähigkeit bei den Hubschraubern und Starrflügelflugzeugen beschränkt ist. Heute ist die Technik im fliegerischen Pflanzenschutz so weit, daß sich Stäube- und Flüssigkeitsmengen zwischen 10 und 60 kg bzw. l/ha und gelegentlich auch mehr ausbringen lassen. Im allgemeinen gibt man heute bei Einsatz von Pflanzenschutzmitteln aus der Luft dem Spritzverfahren den Vorzug. Man ist beim Spritzen weniger wetterabhängig als beim Stäuben. Die Schwierigkeit der Wasserbeschaffung — bei der hohen Flächenleistung von Starrflüglern und Hubschraubern werden große Wassermengen in kurzer Zeit verbraucht — wird durch Einsatz moderner Tankwagen überwunden.

Es erhebt sich die Frage, ob Starrflügelflugzeuge (1, 24, 33, 47, 51, 64, 73, 74, 75, 80, 83, 84, 85, 92, 114, 122, 124, 162, 208, 272, 344, 380, 399, 410, 487, 488, 562) oder Hubschrauber (20, 26, 81, 312, 343, 486, 613) für Pflanzenschutzzwecke geeigneter sind.

Als Vorteile sind beim Hubschrauber anzusehen:

1. die geringe Landefläche, im allgemeinen reichen ca. 30×30 m;
2. die Möglichkeit, die Geschwindigkeit zwischen 0 und ca. 160 km je Stunde zu verändern. Als Arbeitsgeschwindigkeit wird 50—60 km je Stunde angegeben;
3. die Fähigkeit, senkrecht zu steigen, was beim Überfliegen von Hindernissen und der Bearbeitung kleinster Flächen nützlich ist.

Das Starrflügelflugzeug kann, da vor allem die Anschaffungskosten niedriger liegen, preiswerter arbeiten. Es benötigt allerdings eine Start- und Landebahn, die bei den jetzt im Einsatz befindlichen Typen etwa 50 m breit und 250 m lang sein muß. Liegt die Start- und Landebahn in einer zu großen Entfernung von den Befallsflächen (bis zu 3 km ist als günstig zu bezeichnen), so werden die An- und Abflugzeiten zu groß und die Leistung sinkt. Die große Flächenleistung, die sich beim Einsatz von Hub-

schraubern oder Starrflügelflugzeugen erzielen läßt, prädestiniert das Flugzeug für die Verwendung auf Großflächen (Schädlingskalamitäten im Forst, Einsatz in unwegsamem Gelände). Seit dem Jahre 1951 werden in Deutschland die Möglichkeiten eines Lufteinsatzes auf landwirtschaftlichen Flächen unter deutschen Verhältnissen untersucht. Diese Einsätze dienten vor allem der Klärung der Frage, ob der Einsatz von Flugzeugen auch bei der gemischtwirtschaftlichen Struktur und den Besitzverhältnissen unserer landwirtschaftlichen Betriebe lohnend ist. Nach ausländischen Erfahrungen ließen sich Hubschrauber auf Flächen ab 3 ha rationell einsetzen. Die durchschnittliche Größe der 1951 insgesamt 192 behandelten Einzelparzellen betrug 1,91 ha. Bei einem Flüssigkeitsaufwand von 50—60 l/ha waren die Abtötungserfolge gegen Kartoffelkäfer gut. Als Ergebnis dieses Hubschraubereinsatzes wird die Möglichkeit der Behandlung kleiner Flächen auch bei unseren landwirtschaftlichen Besitzverhältnissen angegeben. Doch zeigten Wirtschaftlichkeitsberechnungen, daß unter diesen Verhältnissen der Hubschraubereinsatz höhere Behandlungskosten je Flächeneinheit verursacht als der Einsatz der gebräuchlichen Bodengeräte.

1956 setzte das Pflanzenschutzamt Bonn ein Starrflügelflugzeug zur Krautfäulespritzung und zur Bekämpfung der Vergilbungskrankheit der Rüben ein. Auch eine Reihe anderer Stellen (Göttingen, Geisenheim, Freiburg, Kiel, Mainz, München, Oppenheim, Oldenburg, York, Münster u. a.) hat durch Flugzeugeinsätze zur Klärung wirtschaftlicher Fragen unter deutschen Verhältnissen beigetragen.

Der Flüssigkeitsaufwand bei der Anwendung von innertherapeutischen Mitteln zur Abtötung virusübertragender Blattläuse betrug 40 l/ha. Der Vergleich mit einem gleichfalls eingesetzten Hubschrauber ergab bei einer durchschnittlichen Größe der zu behandelnden Flächen von 7,5 ha eine Leistung von 25 ha je Flugstunde, beim Starrflügelflugzeug bei einer durchschnittlichen Größe von 9 ha eine solche von 36 ha je Flugstunde. Bei den Versuchen zur Phytophthora-Bekämpfung wurden 40 l/ha verbraucht. Die durchschnittliche Parzellengröße betrug 1 ha. Die Leistung des Hubschraubers lag unter diesen Verhältnissen bei 16 ha/Flugstunde, die des Starrflügelflugzeuges bei 26 ha/Flugstunde.

1. Akesson, N. B.: Calibration of the agricultural pest control aircraft sprayer and duster. Calif. Dept. Agric. Bull., *40*, 1951, 21—26. — 2. Akesson, N. B.: What the dealer needs to know about weed sprayers. Impl. Rec., *48*, 1951, 39—40, 42, 47. — 3. Anderson, E. D.: Here are up-to-the-minute uses for sprayers and dusters, Better Farming Methods, *23*, 1951, 36, 38—39. — 4. Anderson, E. D.: Modern insecticide sprayers. Soap, sanit. Chem. New York, *27*, 1951, 121—123, 139. — 5. Anderson, E. D.: New development broaden sprayer-duster market; increased farm output hinges weed and insect control. Implement and Tractor, *66*, 1951, 40—41, 106—107. — 6. Anderson, O. G., & F. C. Roth: Insecticides and fungicides spraying and dusting equipment. New York, 1923, 349. — 7. Anderson, R. F.: Relation of droplet size to toxicity in residual type DDT-oil sprays. J. econ. Ent., *41*, 1948, 974—976. — 8. Andison, H.: A home-made sprayer for attachment to a tractor power take-off. Canada Dept. Agric. Processed. Publ. Ser. (Ent.), *119*, 1951, 11. — 9. Andrade, A. C.: Ensáio de pulverizadores de costa. Biologico, São Paulo, *11*, 1945, 201—221. — 10. Ashley, T. E.: Spray machinery for orchards, gardens, truck crops. Mississippi Farm Res., *5*, 1942, 3—5.

11. Bakos, J.: Mechanisierungsprobleme des Pflanzenschutzes im ungarischen Weinbau. Nachrichtenbl. d. Dtsch. Pflanzenschutzdienstes, *5*, 1956, 217—223. — 12. Barnes, D. F., & S. F. Potts: Airplane dusting experiment for gipsy moth control. Journ. Econ. Ent., *20*, 1926, 213—222. — 13. Beckwith, C. S.: Dusting cranbarry boys from the air. Amer. lanbarry Growers' Assoc. Proc. Ann. lonv., *66*, 1935, 14—16. — 14. Behlen, W.: Die Anwendung echter und reiner Wirkstoffnebel zur Obstschädlingsbekämpfung. Z. Aerosol-Forschung,

3, 1954, 1—27. — **15.** Beran, F.: Neue Anwendungsmethoden für chemische Pflanzenschutzmittel. Der Pflanzenarzt, Wien, *6*, 1953, 2—3. — **16.** Beran, F., E. Kahl, F. Scheruga & K. Knell: Verbesserte Feldspritze „Herkules". Österr. Landtechn., *4*, 1951, 157—158. — **17.** Berr, A.: Mobilisierte Technik im Kampf gegen die Pflanzenschädlinge. Dtsch. landw. Presse, *67*, 1940, 371—372, 380. — **18.** Besemer, A. F. H., J. J. Fransen & H. A. Ormel: Korte Medelingen over ten Proef met Druknevelspuit En Vliegting Ter Bestrijding van te Coloradokever. Maandbl. Landbouwvoorld. 1951, 236—241. — **19.** Biondi, L.: Large and small equipment for dusting. Terra e Sole (ital.), *107*, 1951, 274—275. — **20.** Birk, G.: Schädlingsbekämpfung mit dem Hubschrauber. Techn. f. Bauern u. Gärtner, *3*, 1951, 473. — **21.** Birschel, H.: Staubtechnische Untersuchungen für die Bekämpfung der Kulturpflanzen. Diss. Königsberg i. P., 1933, 104 S. — **22.** Blumenstock, H.: Vom Spritzen zum Sprühen. Technik f. Bauern u. Gärtner, *8*, 1956, 252—253. — **13.** Blunck, H.: Aerosole als Schädlingsbekämpfungsmittel im Ausland. Z. f. Pflanzenkr., *55*, 1948, 154—173. — **24.** Bogavac, M.: Résultats d'un essai de traitement aérien contre Hyphantria cunea Dr., Plant Prot. Beograd, 6—7, 1951, 158—161. — **25.** Bollow, H.: Neue Geräte zur Schädlingsbekämpfung. Anz. Schädlkunde, *22*, 1949, 152—157. — **26.** Borchers, F.: Bekämpfung der Maikäfer. Gesunde Pflanzen, *6*, 1952. — **27.** Borstell, H. C. v.: Hubschraubereinsatz im Bundesgebiet. Mitt. der BZA, Berlin-Dahlem, Heft 74, 1952, 159—163. — **28.** Boxler, B.: Taschenbuch für Landmaschinen (als Manuskript in Eßlingen erschienen), 1950, 137—143. — **29.** Brachmann, E. G.: Über das Schwingfeuer-Nebelgerät und Sprühgerät und seine Anwendung. Seife-Öle-Fette-Wachse, *8*, 1955. — **30.** Brann, J. L.: Apparatus for application of insecticides. Annu. Rev. Ent. (USA), *1*, 1956, 241—260. — **31.** Branzanti, E. C.: Pompe ed atomizzatori in frutticoltura. Informat. fitopatol., *5*, 1955, 202—206, 218—221, Nr. 23—24. — **32.** Braunger: Spritzgeräte im Obstbau und Hopfenbau. Dtsch. Gartenbauwirtschaft, *2*, 1953, 32—33. — **33.** Brewster, R. H.: Airplane dusting. Amer. Nurseryman, *93*, 1951, 12, 32. — **34.** Bronson, T. E., & D. Anderson: Choosing and using hand equipment. The year-book of agriculture 1952, 262—269. — **35.** Burgess, A. F.: Experiments in dusting forest areas with an airplane. Journ. Econ. Ent., *16*, 1923, 241—251. — **36.** Burrell, A. B.: Converting large airblast sprayers for semiconcentrates. Virginia Fruit, *39*, 1951, 22, 24, 26—27. — **37.** Burrell, A. B.: Converting large airblast sprayers for application of semiconcentrates. New Jersey State hortic. Soc. News., *32*, 1951, 2348—49, 2351. — **38.** Burrell, A. B.: Progress report on the use of speed sprayer at different concentration. New York State hortic. Soc. Proc., *96*, 1951, 108—111. — **39.** Burrell, A. B.: In nozzle requirement, the 1951 speed sprayer differs from earlier models. New Jersey State hortic. Soc. News., *32*, 1951, 2421. — **40.** Buxbaum, W.: Einsatz von Sprühgeräten in der Praxis. Der Deutsche Weinbau, *12*, 1957, 256.

41. Cardinell, H. A., & H. P. Gaston: Comparisons of methods of making spray application. Agr. Exp. St. Michigan Bull. *220*, 1932, 1—25. — **42.** Censi, G.: Relazione sugli apparecchi e macchine maggiormente adatti all'applicazione degli antiparassitari ed erbicidi. Conf. int. Lutte contre Parasites Plantes. Rom, 1951, 280—296. — **43.** Chisholm, R. D., & L. Koblitski: Insecticide Duster. US. Dep. Agric. Bur. Ent. Plant Quarant, ET-*9237*, 1947, 3 S. — **44.** Christensen, A., & P. Stoutack: Vaedskesorederen „Kartof". Statens Redskabprover, Beretning, *49*, Kopenhagen, 1928. — **45.** Christoff, A.: Possibility for protection of orchard sprayers and other machineries from the corrosive action of the solutions used in the control of diseases in horticulture. Jb. landw. Forsch.-Vers. inst. Bulg., *1*, 1943, 71—86. — **46.** Cifferi, R.: Eine neue Formel zur Schädlingsbekämpfung, geringes Volumen, hohe Konzentration. Colivatore Giorn. vinicole ital. Nr. 5, 1955. — **47.** Coad, E., E. Johnson & G. L. McNeil: Dusting cotton from airplanes. US., Dept. Agric. Bull., *1204*, 1924, 1—40. — **48.** Cock, R. E.: Crop spraying machinery. Tasmanian J. Agric., *22*, 1951, 169—175. — **49.** Collins, D. L.: DDT thermal aerosol fogs to control clothes moths in a wool storage warehouse. J. Econ. Ent., *39*, 1946, 241—245. — **50.** Collomb, C.: L'évolution du machinisme agricole en matière de traitement des cultures. Phytoma, Paris, *4*, 1951, 17—19. — **51.** Cook, S. S., & L. L. Williams jr.: Symposium on Malaria. Airplanes and green in control of anopheles production. South. med. J., *21*, 1928, 754. — **52.** Cooper, D. J.: Wide-yet spray nozzles. Canad. nat. Weed. Com., east. Sect. Proc., *4*, 1951, 62. — **53.** Coupan, G.: Emploi rationel des pulvérisateurs et des poudreuses. Rev. Agric. France, *73*, 1941, 163—165, Compt rend. Acad. Agric. France, *27*, 1941, 393—501. — **54.** Courshee, R. J.: The development of spraying machinery. Part 1, Principles, World Crops, *6*, 1954, 439—441. — **55.** Courshee, R. J.: The development of spraying machinery. Part 2, Spraying machine performance. World Crops, *6*, 1954, 485—487. — **56.** Courshee, R. J.: The development of spraying machinery. Part 3, Development. World Crops, *7*, 1955, 20—22. — **57.** Creasy, L. E., & M. M. Mayeux: The sprayer

and its use. Louisana agric. Coll. Ext. Publ. *1085*, 1951, 31 S. — **58.** Crosbic, C. J.: Low-volume sprayers: construction and operation. New Zealand J. Agric., *83*, 1951, 289, 291—293. — **59.** Crucq, J.: Spuitdoppen voor onkruidbestrijding. Landbouwmechanisatie, *7*, 1956, 566—569. — **60.** Crucq, J.: De druppelgrootte biy het spruiten in de landbouw, Shell en de Landbouw, *1*, 1956, 4—6. — **61.** Crucq, J.: Pompen voor landbouwsperiten. Landbouwmechanisatie, *7*, 1956, 146—150. — **62.** Czerny, H.: Die Entwicklung einer Prüfmethode für Stäubegeräte des Pflanzenschutzes, dargestellt an der Untersuchung einiger Geräte. Diss. Stuttgart, 1949.

63. Dame, F.: Versuche über optimale Kupfer- und Wasseraufwandmengen zur Bekämpfung der Krautfäule der Kartoffeln. Gesunde Pflanzen, *5*, 1953, 58—61. — **64.** Dauberschmidt, K.: Schädlingsbekämpfung durch Flugzeug-Vernebelung. Forstwiss. Zbl. u. Tharandter forstl. Jahrb., *65*, 1943, 247—259. — **65.** Dauberschmidt, K.: Schädlingsbekämpfung durch Vernebelung. Ent. Intern. Z. d. ges. Insektenkunde, *1*, 1949, 134—137. — **66.** Dauberschmidt, K.: Zur Gerätefrage bei der Forstschädlingsbekämpfung. Allg. Forstz., *7*, 1952, 42—45. — **67.** Daulton, A. C., & W. M. Stokes: Ftrming industry may save millions; electrical treatment kills root pests. Rhodesian Farmer, *5*, 1951, 9. — **68.** David, W. A. L.: Factors determining the interaction of insecticidal mists and flying insects. II. Production of behaviour of kerosene base insecticidel spray mists and their relation to flying insects. Bull. Ent. Res., *37*, 1946, 1. — **69.** David, W. A. L., & P. Bracey: Factors influencing the interaction of insecticidal mists on flying insects. III. Biological Factors. Bull. Ent. Res. 1946, 177—190. — **70.** Davis, J. M.: A vibratory apparatus for producing drops of uniform size. US. Dept. Agric. Bur. Ent., Plant Quar. ET-*295*, 1951, 2 S. — **71.** Davis, G. M., & K. R. Elliott: A rapid method for estimating aerial spray deposits. J. Econ. Ent., *46*, 1953, 696—698. — **72.** Decker, K.: Stand und Entwicklungsmöglichkeiten der Technik im Weinbau. Diss. Bonn, 1929, 78 S. — **73.** De Hogh: Insektenbestrijding uit Vliegtuigen. Versl. Meded. Planteziektenkd. Dienst Wageningen, *49*, 1927, 1—56. — **74.** De Leeuw-Polak, B.: Modern agricultural methods in an old land; control of agricultural diseases and pests in Israel by aircraft. Landbote, *5*, 1951, 3. — **75.** Deonier, C. C., & R. W. Burrell: Airplane application of DDT larvicides. J. Econ., Ent. *38*, 1945, 425—427. — **76.** De Urriesy Azanra, M. J.: Un sencillo aparato para airlar esporas. An. Jard. bot. Madrid, *5*, 1945, 133—139. — **77.** Dickerson, R. L., F. E. Edwards & A. L. Hamner: Low cost insecticide sprayer for small farms. Mississippi agric. Exp. Stat. Inform. Sheet., *464*, 1951, 2; Mississippi Farm Res., *14*, 1951, 8. — **78.** Di Lauro, B.: Mezzi e machine nuovo per il progresso della tecnica fitosanitaria. Giorn. Ital. agric., *36*, 1951, 2. — **79.** Ditman, L. P., F. F. Smith & G. Burkhardt: Liquefied gas aerosols for pea aphid control III. J. Econ. Ent., *40*, 1947, 190—194. — **80.** Drake, C. J., & G. C. Decker: The role of the airplane in grasshopper control. Journ. Econ. Ent., *25*, 1932, 189—196. — **81.** Drees, H.: Pflanzenschutz in England, Gesunde Pflanzen, *2*, 1950, 255—256. — **82.** Drees, H.: Pflanzenschutzgeräte-Statistik. Nachrichtenbl. d. Dtsch. Pflanzenschutzdienstes, *5*, 1953, 139—140. — **83.** Dobricanin, I.: Cutworm control by aircraft in northern Banat 1950. Plant Prot., Beograd., *6—7*, 1951, 64—74. — **84.** Dove, W. E.: Control of destructive insects by aircraft, Sci. Mon., N. York., *55*, 1942, 382—386. — **85.** Dunnahoo, G. L.: Insect control on aircraft. Soap. sanit. Chem., *19*, 1943, 111—113. — **86.** Dünnebeil, H.: Aufgaben der Geräteindustrie für Schädlingsbekämpfung im Fünfjahresplan. Dtsch. Landw., *2*, 1951, 32—35. — **87.** Dünnebeil, H.: Probleme der Spritz- und Stäubetechnik. Dtsch. Agrartechn., *1*, 1951, 240—244. — **88.** Dünnebeil, H.: Die sowjetische kombinierte Spritz- und Stäubemaschine O.K.S. Der Wald, *2*, 1952, 117—119.

89. Edwards, F. E.: Machines adapted for use in chemical weed control. Mississippi Farm. Res., *14*, 1951, 1—3. — **90.** Edwards, C. J., & W. E. Ripper: Droplet size, rates of application and the avoidance of spray drift. Proc. Br. Weed. Cont. Conf. 1953. — **91.** Eichborn, J. v.: Literatur zur Dispersoidanalyse von Aerosolen und Suspensionen in Gasen. Als Manuskript vervielfältigt; Landmaschineninstitut, Göttingen. 1953. — **92.** Eichler, W. D.: Malariabekämpfung durch Streuflugzeuge. Parasitologische Schriftenreihe, Heft 5, 1956, 53—58. — **93.** Eickstedt, H. v.: Düsenformen und Staubverteilungsbild von Feldstäubern. Die Landtechnik, *4*, 1949, 499—501. — **94.** Eickstedt, H. v.: Konzentrat-Sprühgeräte im amerikanischen Obstbau. Z. f. Pflanzenkr., *58*, 1951, 276—278. — **95 a.** Eickstedt, H. v.: Pflanzenschutz in USA. Landtechnik, *7*, 1952, 417—421. — **95 b.** Eickstedt, H. v.: Schädlingsbekämpfung in tropischen Feldkulturen. Landtechn. Forschung, Heft 3, 1956, 87—91. — **96.** Eickstedt, H. v.: Die Applikationstechnik von Insektiziden in tropischen Feldkulturen. Höfchen-Briefe, *3*, 1956, 144—164. — **97.** Eidmann, H.: Die Bekämpfung von Frostspanner und Eichenwickler durch Arsenbestäubung mittels Motorverstäuber. Mitt. Forstwirtsch. und Forstwissensch., *1*, 1930, 355—384. — **98.** Eidmann, H.:

Die Flugzeugbestäubungen der Forstschädlinge und ihre Organisation im Lichte neuzeitlicher Erfahrungen und Forschung. Z. f. Forst- und Jagdwesen, *65*, 1933, S. 24. — **99.** Eisele, G.: Die Holder-Handverstäuberspritze. Technik u. Landwirtschaft, *6*, 1954, 490 bis 491. — **100.** Elliott, K. R.: A new method of assessing aerial spray deposits. Canada Dep. Agric. Sci. Serv., Div. For. Biol., Bimonthly Progr. Rep., *8*, 1952. — **101.** Elliott, K. R.: Organization and spray deposit assessment, upsalquitch budworm spraying project. Rep. Canada Dep. Agric. Div. Forest. Biol. (Mimeogr.). 1952, 71 S. — **102.** Engel, H.: Erfahrungen bei der Kirschfruchtfliegenbekämpfung. Gesunde Pflanzen, *5*, 1953, 169—172. — **103.** Engel, H.: Kirschfruchtfliegenbekämpfung am Kaiserstuhl. Der Badische Obst- und Gartenbauer (Karlsruhe), *3*, 1954, 56—59. — **104.** Engesser, H.: Ein Beitrag zur Untersuchung von Düsen für gespanngezogene Spritzen zur Schädlingsbekämpfung. Diss. Braunschweig, 1951. — **105.** Engesser, H.: Spritzmengen von Gespannspritzen bei veränderlicher Fahrgeschwindigkeit. Landtechnische Forschg. Heft 2, 1953, 57—60. — **106.** Ernsch, F.: Einige Beobachtungen bei Pumpenrevisionen. Schweiz. Z. f. Obst- u. Weinbau, *63*, 1954, 303—310. — **107.** Escherich, K.: Die „Flugzeugbekämpfung" des Kiefernspanners im bayrischen Forstamt Endsdorf. Forstwiss. Zentralbl., *48*, 1926, 73—94. — **108.** Escherich, K.: Der Motorverstäuber im Dienste der Forstschädlingsbekämpfung. Forstwiss. Zbl., *51*, 1929, 1—14. — **109.** Euteneuer, G. A.: Einfluß der Oberflächenspannung auf die Ausbildung von Flüssigkeitshohlstrahlen. Forschg. auf d. Gebiete des Ingenieurwesens, *22*, 1956, 109 bis 122. — **110.** Ext, W.: Feldspritze richtig einstellen. Bauernblatt Schlesw.-Holst., *101*, 1951, 655. — **111.** Ext, W.: Vielseitig verwendbare Pflanzenschutzgeräte für Groß- und Kleinbetriebe. Der Kartoffelbau, *3*, 1952, 18.

112. Falck, R., & E. Heckmann: Anforderungen an Leistung und Beschaffenheit von Baumspritzen. Die leistungsfähigsten Baumspritztypen. Forstarchiv, 1929, 361—369. — **113.** Farter, W., & O. Schreier: Maikäfer-Bekämpfungsversuche 1951. Pflanzenschutzber., *8*, 1952, 97—117. — **114.** Faulkner, F. S., C. C. Deonier & A. N. Davies: Gravity-flow equipment for dispersing insecticides from aircraft. US. Dept. Agric. ET-*248*, 1950. — **115.** Faust: Winke für das Sprühen. Der Dtsch. Weinbau, *11*, 1956, 322—323. — **116.** Feis, N.: Toekomstige ontwikkeling van de nevelspruit. Medelingen, *17*, 1954, 674—681. — **117.** Feis, N.: Constructie van rughevelspruiten. Medelingen, *18*, 1955, 193—196. — **118.** Feis, N.: De meest economische uitstroomsnelheid en luchthoeveelheid bij boomgaardnevelsluiten. Landbouwkundig T., *69*, 1957, 293—297. — **119.** Feis, N.: De vorm en de doordringing van luchtstromen in verband met de meest gewenste mondvorm bij automatische nevelspuiten. Landbouwkundig T., *69*, 1957, 293—297. — **120.** Fernando, H. E.: A new design of sprayer for reducing insecticide Harzards in treating rice crop. FAO Plant Prot. Bull., *4*, 1956, Nr. 8, 117—120. — **121.** Fischer, R.: Die Sprühtechnik im Hopfenbau. Hopfenrundschau, Nr. 23, 317—318. — **122.** Ford, E.: Farming from the air-american experience. World Crops, *8*, 1956, 148. — **123.** Fracker, S. B., & A. A. Granowsky: The control of the hemlock spanworm by airplane dusting. Ebenda, S. 287—294. — **124.** Franssen, J. J.: Starrflugzeuge zur Schädlingsbekämpfung. Gesunde Pflanzen, *4*, 1952, 251. — **125.** Franssen, J. J.: Aerial spraying in the Netherlands. Comptes Rendu sou 3e Congr. Internat. du Phytopharm. Paris, 1952, 787—793. — **126.** Fraser, R. P.: The mechanics of producing sprays of different characters. Plant Protection Conference 1956 (London 1957), 237—282. — **127.** Frear, D. E. H.: Deposition and retention of sprays. III. Apparatus and methods for laboratory spraying. Pennsylv. State. Coll. Bull., *463*, 1944, 18. — **128.** Frickhinger, H. W.: „Nebelblaser" gegen Maikäfer. Technik f. Bauern u. Gärtner, *3*, 1953, 155—156. — **129.** Friedrich, G., & M. Bauckmann: Vergleichende Untersuchungen über Spritzen, Sprühen und Nebeln im Obstbau. Der Dtsch. Gartenbau, *9*, 1955, 3 S. — **130.** Fritsche, R., J. Kundest & F. Bieri: Einiges zur Spritztechnik im Obstbau. Z. f. Obst- und Weinbau, *63*, 1954, 151—163. — **131.** Frowein, H. J.: Microsol — ein neuartiges Nebelgerät zur Schädlingsbekämpfung. Anz. f. Schädlingskde., *27*, 1954, 120—123. — **132.** Frowein, W.: Vernebeln — aber wie? Der prakt. Schädlingsbekämpfer, Organ des Dtsch. Schädlingsbekämpfer-Verbandes, *6*, 1954, 5.

133. Gäbler, H., & H. Wiegand: Freilanderprobungen eines Vernebelungsmittels (Kombi-Aerosol „Forst"). Der Wald, *3*, 1953, 152—154. — **134.** Gaines, J. C., & H. F. Miller: Spray machine for testing insecticides on small field plats. Texas agric. Exp. Stat. Progr. Rept., *1405*, 1951, 297—303. — **135.** Gallwitz, K.: Untersuchungen von Sicherheitsventilen an Rückenspritzen. Der Dtsch. Weinbau, *17*, 1938, 183—185. — **136.** Gallwitz, K.: Untersuchungen an Düsen von Pflanzenschutzspritzen. Unveröffentlichter Bericht des Landm. Inst. d. Universität Göttingen, 1948. — **137.** Gallwitz, K.: Das Nebelgerät zur Schädlingsbekämpfung. Die Landtechnik *4*, 1949, 825—826. — **138.** Gallwitz, K.: Die Pflanzenschutzgeräte. Die Landtechnik, *4*, 1949, 467—468. — **139.** Gallwitz, K.: Schlauchbean-

spruchungen und Strömungsverluste in langen Schlauchleitungen. Ber. über Landtechnik, *8*, 1949, 51—60. — **140.** Gallwitz, K.: Maschinen und Geräte zur Schädlingsbekämpfung. VDI-Z., *91*, 1949, 219—226. — **141.** Gallwitz, K.: Aus der ausländischen Pflanzenschutztechnik. Die Landtechnik, *4*, 1949, 495—499. — **142.** Gallwitz, K.: Selbstfahrende Kleinmotorgeräte im Pflanzenschutz. Landtechnik, *5*, 1950, 250—252. — **143.** Gallwitz, K.: Pflanzenschutzgeräte — gemeinschaftlich genutzt. Landtechnik, *5*, 1950, 794. — **144.** Gallwitz, K.: Pflanzenschutzgeräte für den Kartoffelbau. Der Kartoffelbau, *1*, 1950, 135—137. — **145.** Gallwitz, K.: Pflanzenschutztechnik (Teil I: Spritztechnik), Ber. über Landtechnik, *12*, 1950. — **146.** Gallwitz, K.: Was zieht ein Pferd? Neue Mitt. f. d. Landwirtschaft, *6*, 1951, 604—605. — **147.** Gallwitz, K.: Entwicklungsstand der deutschen Pflanzenschutztechnik. Conf. int. Lutte contre Parasites Plantes, Rom 1951, 297—303. — **148.** Gallwitz, K.: Pflanzenpflege und Pflanzenschutz. Die Maschine in der Landwirtschaft. 1952, 28—66. — **149.** Gallwitz, K.: Spritzen — Sprühen — Nebeln — Stäuben. Landtechnik, *7*, 1952, 150—155. — **150.** Gallwitz, K.: Stand und Entwicklung der Pflanzenschutztechnik. VDI-Z., *95*, 1953, 43—46. — **150 a.** Gallwitz, K.: Entwicklungsstand der Pflanzenschutztechnik. VDI *95*, 1953, 43—46. — **151.** Gallwitz K.: Neuere Untersuchungen an Stäubegeräten. Staub, Deutscher Ingenieur-Verlag, Düsseldorf, *31*, 1953, 37—42. — **152.** Gallwitz, K.: Pflanzenschutzgeräte in der Entwicklung. Landtechnik, *8*, 1953, 447—454. — **153.** Gallwitz, K.: Letztjährige Erfahrungen bei Feldspritzungen. Nachrichtenbl. „Deutscher Pflanzenschutzdienst", *6*, 1954, 68—70. — **154.** Gallwitz, K.: Pflanzenschutztechnik, Landtechnik. *6*, 1951, 506—508, und *10*, 1955, 532—533. — **155.** Gallwitz, K.: Neue Tendenzen in der Pflanzenschutztechnik. Technik und Landwirtschaft, *9*, 1957, 173—175. — **156.** Gallwitz, K.: Von der Pflanzenschutztechnik. Landtechnik, *12*, 1957, 64—66. — **157.** Gallwitz, K.: Die Schlepperspritze und ihre Einstellmöglichkeiten. Mitt. d. DLG, Heft 13, 1957, 309—310. — **157 a.** Gallwitz, K., & Jung: Pflanzenschutzgeräte, Landtechnik, *5*, 1950, 525—528. — **158.** Gallwitz, K., & v. Hülst: Untersuchungen an Pflanzenschutz-Brühebehältern aus Holz. Landtechnische Forschung, Heft 3, 1954, 91—94. — **159.** Gallwitz, K., & v. Hülst: Untersuchungen an Pflanzenschutz-Brühebehältern aus Metall. Landtechnische Forschung, Heft 4, 1954, 107—109. — **160.** Gärtel, W.: Die „Lanzendüngung" im Weinbau. Der Dtsch. Weinbau, *12*, 1957, 61—62. — **161.** Garton, J. E.: A graphic solution of agricultural field sprayer problems. Oklahoma agric. Exp. Stat. Mix. Publ., *19*, 1951, 4 S. — **162.** Garton, J. E.: A graphic solution of airplane sprayer problems. Oklahoma agric. Exp. Stat. Mix. Publ., *20*, 1951, 4 S. — **163.** Garton, J. E.: A graphic solution for mast type orchard sprayers problem. Oklahoma agric. Exp. Stat. Mix. Publ., *21*, 1951, 4 S. — **164.** Garton, J. E., & M. J. Morgan: Wear tests on pumps for agricultural field sprayers. Oklahoma agric. Exp. Stat. Bull., *375*, 1951. — **165.** Gasow, H.: Versuche zur Bekämpfung des grünen Eichenwicklers (Tortrix viridana L.) mittels eines Motorverstäubers. Arb. Biol. Reichsanstalt, *15*, 1928, 99—107. — **166.** Gerneck, R.: Maikäferbekämpfung mit modernen Geräten. Anz. f. Schädlingskde., *24*, 1951, 113—116. — **167.** Gibson, A.: Controlling insects from the air — a review of work conducted in Canada. IV. Congr. Int. Ent. Madrid, *2*, 1940, 867—872. — **168.** Giddings, M. J., A. Berg & E. C. Cherwood: Dusting vs. spraying in the apple orchard. Agr. Exp. Stat. Bull., *209*, 1927, 1—28. — **169.** Ginsberg, J. M.: Airplane oiling to control mosquitoes, Science, *75*, 1932, 542. — **170.** Glasgow, R. D., & D. L. Collins: The termal aerosol fog generator for large scale application of DDT and other insecticides. J. Econ. Ent., *39*, 1946, 227—235. — **171.** Glerum, J. Ch.: Spuitwerktuigen in de landbouw. (Spraying equipment in agriculture) Inst. Landb.-techn. Rational. Publ., *8*, 1951, 36 S. — **172.** Göhlich, M.: Pflanzenschutztechnik. Technik und Landwirtschaft, *8*, 1956, 483—484. — **173.** Goodhue, L. D.: Insecticidal aerosol production. Spraying solutions in liquefied gases. Industr. Engng. Chem. Easton, *34*, 1942, 1456—1459. — **174.** Goodhue, L. D.: Insecticidal aerosols. J. econ. Ent., 1944, 338—341. — **175.** Goodhue, L. D.: The evaluation of liquefied gas aerosol formulations. Soap. a. San. Chem., *22*, 1946, 133, 135, 165. — **176.** Goodhue, L. D.: Aerosols and their application. J. Econ. Ent., *39*, 1946, 506—509. — **177.** Goodhue, L. D., & F. F. Smith: The effect of some insecticides in Aerosol form against the Cyclamen Mite on snap dragon. J. Econ. Ent., *37*, 1944, 214—218. — **178.** Goodhue, L. D., F. F. Smith & L. P. Ditman: DDT in aerosol form to control insects on vegetables. J. Econ. Ent., *38*, 1945, 179—182. — **179.** Goodhue, L. D., & W. R. Ballinger: Accelerated aging test for insecticidal aerosols containing DDT. Industr. Engng. Chem. (Anal. Edn.). Easton, *18*, 1946, 131—132. — **180.** Goodhue, L. D., W. R. Ballinger & J. H. Fales: Bewährter Verteiler für die Prüfung neuer Aerosole mit verflüssigtem Gas. J. Econ. Ent., *38*, 1946, 709. — **181.** Goodhue, L. D., & R. L. Riley: Particle-size distribution in liquefied gas aerosols. J. Econ. Ent., *39*, 1946, 223—216. — **182.** Goldenson, J., H. E. Norton, C. F. Novak & S. Sass: Decomposition of DDT from thermal aerosol

dispersers. Ind. Engry. Chem., *41*, 1949, 2173—2176. — **183.** Goossen, H.: Pflanzenschutzgeräte auf der DLG-Ausstellung. Neue Mitt. Landw., *6*, 1951, 573—574. — **184.** Goossen, H.: Zur Feststellung und Bedeutung der Spritzbrühverteilung im Kartoffelbestand. Z. f. Pflanzenkr., *59*, 1952, 339—353. — **185.** Goossen, H.: Entwicklungsstand deutscher Pflanzenschutzgeräte. Gesunde Pflanzen, *4*, 1952, 80—83. — **186.** Goossen, H.: Pflanzenschutzgeräte für alle Betriebsgrößen und Verwendungszwecke. Mitt. der DLG., *68*, 1953, 711. — **187.** Goossen, H.: Welche biologischen Forderungen werden an Pflanzenschutzgeräte für den Feldbau gestellt? Z. für Pflanzenkr., *60*, 1953, 561—568. — **188.** Goossen, H.: Möglichkeiten und Grenzen einer Herabsetzung der Wasseraufwendungen bei Pflanzenschutzmaßnahmen im Feldbau. Gesunde Pflanzen, *6*, 1954, 267—270. — **189.** Goossen, H.: Neue und bewährte Pflanzenschutzgeräte. Mitt. d. DLG, *70*, 1955, 711—713. — **190.** Goossen, H.: Spritzgeräte mit einer Arbeitsbreite von 20 m. Nachrichtenbl. d. Dtsch. Pflanzenschutzdienstes, *8*, 1956. — **191.** Goossen, H.: Lohnspritzung und Pflanzenschutzgerätetechnik. Praxis und Forschung, *9*, 1957, 59—62. — **192.** Goossen, H.: Wissenswertes über Pflanzenschutzgeräte. Mitt. Dtsch. Landw.-Ges., *72*, 1957, 310—311. — **193.** Goossen, H., & L. Eue: Die Verteilung und Regenbeständigkeit von Spritz- und Sprühbelägen im Kartoffelbestand. Nachrichtenbl. Dtsch. Pflanzenschutzdienst, *6*, 1954, 45—56. — **194.** Goossen, H., & L. Eue: Verteilung, Regenbeständigkeit und Umlagerung von Spritz- und Sprühbelägen im Kartoffelbestand. Höfchen-Briefe, *2*, 1955, 67—85. — **195.** Goossen, H., und L. Eue: Gerätetechnische Probleme der Phytophthora-Bekämpfung. Angew. Bot., *30*, 1956, 80—93. — **196.** Greaney, F. J.: Sulphur dusting for the prevention of cereal rusts. Canada Dept. Agric. Dom. Exper. Farms. Division of Botany 1930, Ottawa 1931, 61—66. — **197.** Günthart, E., F. Christen & P. Mühlethaler: Kartoffelbehandlungen mit 400 l anstatt 1200 l pro Hektar. Technischer Orientierungsdienst (Maag), *31*, 1951.

198. Hampe, P.: Die elektrostatische Zerstäubung. Technik f. Bauern u. Gärtner, *2*, 1950, 40. — **199.** Hansen, K.: Equipment for chemical treatment of seed grain and spraying and dusting of plants. Nord. Jordbr. forskn. (danish), *2/3*, 1951, 519—521. — **200.** Haronska, G.: Pflanzenschutzgeräteprüfung? Nachrichtenbl. des Dtsch. Pflanzenschutzdienstes, *2*, 1950, 156. — **201 a.** Haronska, G.: Die Mannesmann-Regenkanone RK 2. Ein neues Gerät zur Schädlingsbekämpfung im Weinbau? Gesunde Pflanzen, *5*, 1953, 88—92. — **201 b.** Haronska, G.: Konzentration und Dosierung. Chemie und Technik in der Landwirtschaft, *7*, 1956, 167—168. — **202.** Haronska, G.: Ein Beitrag zur vollmechanischen Schädlingsbekämpfung in Niederstamm-Obstplantagen. Rhein. Monatsschr. Gemüse-, Obst- und Gartenbau, *40*, 1953, 106—107, und *41*, 1953, 58—59. — **203.** Haronska, G.: Zur Kostenfrage von Pflanzenschutzmaßnahmen in Spindelbuschobstanlagen. Gesunde Pflanzen, *6*, 1954, 142—145. — **204.** Hartmann, P.: Der „Unimog", ein idealer Helfer im Pflanzenschutz. Gesunde Pflanzen, *4*, 1952, 319—323. — **205.** Heller, R. C.: The use of aircraft and aerial photography in forest insect surveys. Proc. ent. Soc., Washington, *53*, 1951, 112—113. — **206.** Helm, R. W.: Equipment, methods and materials for spraying livestock. Nebraska agric. Coll. Ext. E. Circ., 1951, 6 S. — **207.** Hellquist, H.: Besrutningsteknika försök mot Potatisbladmöge. I. Laboratorieförsök med bordabehandling av Potatisblad. K. Landbr. Akad. Handl., *92*, 1953, 194—212. — **208.** Herbert, F. B.: Airplane liquid spraying. J. Econ. Ent., *26*, 1933, 1052—1056. — **209.** Herbert, F. B.: Airplane vapor spraying; a progress report. J. Econ. Ent., *27*, 1934, 1040—1042. — **210.** Hick, E.: High-versus low-volume spraying. Farm Mechaniz., *3*, 1951, 7—9. — **211.** Hierholzer, O.: Richtige Düsenwahl bei Verwendung von Spritzgiften. Allg. Forstz., *6*, 1951, 241. — **212.** Hierholzer, O., & O. Klauser: Düsenstudien als Beitrag zur Steigerung der Wirtschaftlichkeit chemischer Bekämpfungsmethoden im Wald. Allg. Forst- u. Jagdz., *123*, 1951, 49—53. — **213.** Hilgendorff: Über die Verwendung von Säurenebeln im Pflanzenschutz. Nachrichtenbl. Dtsch. Pflanzenschutzdienst, *11*, 1931, 9—10. — **214.** Hills, O. A., & V. E. Romney: A method of stimulating airplane application of insecticides to tall plants in experimental plots. Journ. Econ. Ent., *34*, 1941, 853—856. — **215.** Hill, R. F., & R. B. E. Stubbs: The drop size spectrum of an insecticidal oil solution sprayed from an Anson XIX aircraft fitted with a rotory brush spray unit. Porton. Tech. Paper, *406*, 1954. — **216.** Hinds, W. E., & H. Spencer: Airplane dusting for sugarcane borer control in Louisiana. J. Econ. Ent., *20*, 1926, 352—359. — **217.** Hoare, E. R.: The development of spraying machines in this country and overseas and methods of assessing their performance. J. Inst. Brit. Agric. Engry., *10*, 1954, 3—11. — **218.** Hocking, K. S., H. C. M. Parr, D. Yeo & D. Anstey: The application of coarse aerosols in savannah woodland containing the Tsetse Glossina morsitans and G. Swynnertoni. Bull. ent. Res., *44*, 1953, 127—640. — **219.** Hogan, T. W.: The ground recovery and drop spectra of sprays dispersed from two types of aircraft. Austr. J. agric. Res., *2*, 1951, 302—321. — **220.** Höhener, H.: Weitere Erfahrungen über Möglichkeiten und Grenzen bei der Verwendung wassersparender Spritzgeräte für die Schädlingsbekämpfung im Feldbau.

Schweizerische Landw. Monatsh., *3*, 1954, 102—108. — **221.** Holmès, F.: Les facteurs limitant les progrès de la phytopharmacie. Phytoma, Paris, *4*, 1951, 21—22. — **222.** Holmès, E.: High and low volume spraying compared. Agriculture, *62*, 1956, 515—518. — **223.** Holz, W.: Geräte im Pflanzenschutz, hier Gespannspritzen. Landwbl. Weser-Ems, *28*, 1951, 611 bis 612. — **224.** Hopperstead, S. L.: New developments in spraying and dusting equipments. Phytopathology, *35*, 1945, 485—486. — **225.** Horber, E.: Chemische Bekämpfung des Kartoffelkäfers mit Nebelgerät (System „Borchers") und Sprühgerät (Nebelblaser). Landw. Jb. Schweiz, *65*, 1951, 526—527. — **226.** Hosbey: Von der Schädlingsbekämpfung im Feldbau in den USA. Ztschr. f. Pflanzenkr., *61*, 1954, 335. — **226 a.** Hosch, L.: Pflanzenschutzgeräte. Gesunde Pflanzen, *2*, 1950, 230—232. — **227.** Hough, W. S., & A. F. Mason: Spraying, dusting and fumigating of plants. Principles and applications. New York 1952, 2. ed. 726 S. — **228.** Houser, J. S., & C. R. Neillie: An account of the succesful use of the airplane in dusting tall trees infested with leaf eating caterpillars. J. Econ. Ent., *15*, 1922, 85—87. — **229.** Houser, J. S.: Dusting tall trees by airplane for leaf eating insects. J. Econ. Ent., *16*, 1923, 241—249. — **230.** Huckett, H. C.: Spraying and dusting experiments with potatoes on Long Island. New York State Agr. Exp. St. Bull., *592*, 1931, 1—38. — **231.** Hukkinen, Y.: Ein neuer Stäubeapparat: Der Feldpflanzenverstäuber „Puhuri". Anz. f. Schädlingskde., *5*, 1929, 53—55. — **232.** Hülsenberg, H.: Pflanzenschutz-intensiv und wirksam. Landw. Wochenbl. Hessen, *134*, 1951, 4. — **233.** Hülst, H. v.: Maschinen und Geräte zur Schädlingsbekämpfung im Kartoffelbau. Der Kartoffelbau, *5*, 1954, 118. — **234.** Hursh, R. W.: A study of performance of hand insecticide sprayers. Soap. N. York, *16*, 1940, 93—96, 119—121. — **235.** Hurtig, H.: Development of the use of aircraft for application of insecticides and fungicides. Agric. Inst. Reviews (Ottawa) *8*, 1953, 73. — **236.** Huss, P.: Ervaringen met het nevelspuiten in de fruitteelt. Medelingen, *17*, 1954, 669—673.

237. Imbach, P.: Teilrevision von Motorspritzen. Schweiz. Z. f. Obst- u. Weinbau, *63*, 1954, 505—512. — **238.** Irons, F.: A laboratory study of crop duster problems. Agrc. Engin. *24*, 1943, 383—384. — **239.** Italiaander, R.: Schädlingsbekämpfung durch Flugzeuge. D. Forst-Ztg., *44*, 1929, 831—833.

240. Jacobs: Schädlingsbekämpfung auf neuen Wegen. Der Deutsche Weinbau, *8*, 1953, 322—324. — **241.** Jatzenko, I. P.: The results of scientific research work of the Institute for Plant Protection concerning the mechanization of plant protection. Summary Sci. Res. Work Inst. Plant Prot. 1939, Leningrad, 1940, 153—181. — **242.** Jefferson, F. J.: Machines and theories. Fire Control Notes, *12*, 1951, 12—14. — **243.** Jenny, J.: Zur Frage der Druckverluste in Spritzanlagen. Schweiz. Z. Obst-, Weinbau, *50*, 1941, 44—47. — **244.** Jenny, J.: Zur Frage der Abschreibung bei Motorspritzanlagen. Schweiz. Z. Obst-, Weinbau, *50*, 1941, 320—321. — **245.** Jenny, J.: Stationäre Spritzanlagen im Tessin. Schweiz. Z. Obst-, Weinbau, *50*, 1941, 477—480. — **246.** Jenny, J.: Spritzen und Technik. Schweiz. Z. Obst-, Weinbau, *50*, 1941, 301—303. — **247.** Jenny, J.: Die Entwicklung der stationären Spritzanlagen und die Elektrizität in der Landwirtschaft. Schweiz. Z. Obst-, Weinbau, *50*, 1941, 261. — **248.** Jenny, J.: Der Einfluß der Düse auf Brühverbrauch und Spritzzeit. Schweiz. Z. Obst-, Weinbau, *50*, 1941, 318—320. — **249.** Jenny, J.: Die Zahnradpumpe als Spritzpumpe für die Schädlingsbekämpfung. Schweiz. Z. Obst-, Weinbau, *51*, 1942, 330—331. — **250.** Jenny, J.: Eine moderne Spritzanlage größten Ausmaßes. Schweiz. Z. Obst-, Weinbau, *51*, 1942, 363—364. — **251.** Jenny, J.: L'action de la buse et de la pression sur la consommation de la bouillie lors des traitements. Schweiz. Z. Obst-, Weinbau, *51*, 1942, 314. — **252.** Jenny, J.: Strömung von Gasen und Flüssigkeiten in Kanälen, Leitungen, Räumen und die entstehenden Verteilungen und Verluste (Düse, Druck, Zerstäubung, Düsen aus harten Stoffen. Station. Spritzanlagen, Gemüse- und Kartoffelkeller). Annuaire Agric. Suisse, 1942, 556—603. — **253.** Jenny, J.: Die Wirkung der Düse und des Druckes auf den Brüheverbrauch beim Spritzen. Schweiz. Z. Obst-, Weinbau, *52*, 1943, 314—318. — **254.** Jenny, J.: De l'importance de la buse dans la lutte contre les parasites en agriculture (répartition et grandeur des gouttelettes, etc.), Revue horticole Suisse, *11*, 1943, 227. — **255.** Jenny, J.: Le gun, instrument par excellence pour la lutte contre les parasites. (L'influence de la buse et de la vrille sur la pulvérisation et la répartition du liquide.) Terre Vaudoise, Lausanne, *35*, 1943, 343, 357. — **256.** Jenny, J.: L'influence de la vrille du pulvérisateur sur la forme du jet et sur le dégit. Rev. hortic. Suisse, *16*, 1943, 167—169. — **257.** Jenny, J.: Prüfung und Verbesserung von Maschinen und Apparaten; Prüfung von Materialien. In: Bericht der Eidg. Vers.-Anstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau in Wädenswil. f. d. J. 1941 bis 1942 und 1943. Landw. Jb. Schweiz., *58*, 1944, 480—483, 939, 940. — **258.** Jenny, J.: Spritzrohr, Düse und Drehzahl. Schweiz. Ztschr. Obst-, Weinbau, *53*, 1944, 137—138. — **259.** Jenny, J.: De l'influence de la buse. Terre vaudoise, *34*, 1951. — **260.** Jenny, J.: Der heutige Stand des Spritzverfahrens. Der Traktor und die Landmaschine, *2*, 1953. — **261.** Jenny, J.:

L'entretien du tracteur et des machines agricoles (buses, pression, débit, gouttelettes, poudrage) 1954, 510 S. — **262.** Jenny, J.: Eigene Betrachtungen und Grundlagen über die Schädlingsbekämpfung in der Landwirtschaft. Mittlg. Serie A, Rebe und Wein, *6*, 1956, 177—181. — **263.** Jenny, J.: Die Abhängigkeit zwischen Düse, Druck, Liefermenge und Tropfengröße bei der Schädlingsbekämpfung. Der Traktor und die Landmaschine, *18*, 1956, 17—18. — **264.** Jenny, J., & W. Bryner: Sparmaßnahmen durch Spritztechnik. Schweiz. Z. Obst-, Weinbau, *50*, 1941, 146—151. — **265.** Johannes, H.: Versuche zur Herabsetzung der Spritzbrühmengen. Nachrichtenbl. Dtsch. Pflanzenschutzdienst, *5*, 1953, 1. — **266.** Johannes, H.: Versuche zur Herabsetzung der Spritzbrühmengen. I. Einleitung und Unkrautbekämpfung. Nachrichtenbl. Dtsch. Pflanzenschutzdienst, *5*, 1953, 1—8. — **267.** Johannes, H.: Versuche zur Herabsetzung der Spritzbrühmengen. II. Phytophthorabekämpfung. Nachrichtenbl. Dtsch. Pflanzenschutzdienst (Braunschweig), *5*, 1953, 106—109. — **268.** Johnson, E.: Cotton dusting machinery. USA. Dept. of. Agr. Farmers, *1319*, 1923. — **269.** Johnson, E., & V. George: A small field duster. US. Dept. Agric. Bur. Ent. Plant Quarant, Et-*259*, 1948, 1 S. — **270.** Johnson, E., & V. George: A concentrate sprayer for experimental use. US. Dept. Agric. Bur. Ent. Plant Quarant, Et-*260*, 1948, 1 S. — **271.** Johnstone, H. F., W. E. Winsche & L. W. Smith: The dispersion and deposition of aerosols. Chem. Rev., *44*, 1949, 353—371. — **272.** Jovanić, M.: Ouelques observations concernant le traitement aérien effectué dans le Banat du Nord contre les chenilles des noctuelles. Plant Prot. Beograd, *6*/7, 1951, 101—104. — **273.** Junack, H.: Vernebelung gegen Kiefernspinner im Forstamt Gartow. Allg. Forstz., *5*, 1950, 144—146. — **274.** Jung, K. F.: Pflanzenschutzgeräte auf der Hamburger DLG-Ausstellung. Kartoffelbau, *2*, 1951, 143—146. — **275.** Jung, K. F.: Das Pflanzenschutzgerät für Lohnunternehmer und Genossenschaft. Dreschen und Pflügen, *6*, 1951, 5—9. — **276.** Jung, K. F.: Neues aus der Pflanzenschutztechnik. Dtsch. landw. Presse, *74*, 1951, 289—290. — **277.** Jung, K. F.: Bei der Schädlingsbekämpfung im Kartoffelbau für jeden Betrieb das richtige Gerät. Der Kartoffelbau, *3*, 1952, 92—93. — **278.** Jüsten, F.: Pflanzenschutzgeräte im Rahmen des landwirtschaftlichen Betriebes. Gesunde Pflanzen, *2*, 1950, 201—204.

279. Kadow, K. J., & S. L. Hopperstead: An evaluation of new spray equipment. Trans. Peninsula hortic. Soc. Delaware, *32*, 1943, 13—18. — **280.** Kaiser: Mit dem Hubschrauber gegen den Maikäfer. Landw. Wochenbl., Folge 20, 1955. — **281.** Kayser, E.: Motorisierung und Schädlingsbekämpfung. Schädlingsbekämpfung, *43*, 1951, 177—179. — **282.** Kayser, E.: Bessere Technik gegen zunehmende Schädlinge. Schädlingsbekämpfung, *43*, 1951, 147—150. — **283.** Kayser, E.: Verbesserte Geräte zur Schädlingsbekämpfung. Technik und Landwirtschaft, *7*, 1955, 348–351, 376–379. — **284.** Kayser, E.: Weiterentwicklung von Maschinen und Geräten zur Schädlingsbekämpfung. Technik und Landwirtschaft, *9*, 1957, 175—177. — **285.** Keller, E.: Rückennebelblaser. Techn. Orientierungsdienst Maag, Nr. 71. — **286.** Kemmer, W.: Nebelblaser aus der Schweiz. Technik f. Bauern u. Gärtner, *2*, 1950, 669. — **287.** Kephart, L. W.: Machinery problems in weed control. Industry research conference publ. by Farm equipment, Chicago, 1947, 8—9. — **288.** Kerssen, M. C.: Ervaringen met de spuitapparatuur van een helicopter Hiller 360. Overdruk uit: Medelingen Directeur van de tuinbouw, *14*, 1951, 169—173. — **289.** Kerssen, M. C.: Observations on Potato-Late-Blight control by airplane and atomiser. Instituut voor Plantenziektenkundig Onderzoek, Wageningen, 1952, 12 S. — **290.** Kesselring, H.: Organisation und Kostenaufwand eines Weinbaubetriebes. Schweiz. Z. Obst-, Weinbau, *62*, 1953, 142—149. — **291.** Kessler, H.: Die neuesten Spritzgeräte im Plantagenobstbau. Schweiz. Z. Obst-, Weinbau, *57*, 1948, 280—282. — **292.** Kiehl, H.: Pneumatische Rührung in Brühebehältern von Pflanzenschutzspritzen. Diss. Göttingen 1954. — **293.** Kienitz: Ein neuartiger Verstäubungsapparat für die Schädlingsbekämpfung mittels Flugzeug. Nachrichtenbl. Dtsch. Pflanzenschutzdienst, *9*, 1929, 47—48. — **294.** King, W. V., & G. H. Bradley: Airplane dusting in the control of malaria mosquitoes. US. Dept. Agric. Circ., *367*, 1926. — **295.** Knell, K., E. Kahl, F. Scheruga & F. Beran: Verbesserte, motorbetriebene Pflanzenschutzspritze DK 202. Österr. Landtechn., *4*, 1951, 126—127. — **296.** Koch, H.: Die amtliche technische Prüfung der Pflanzen- und Vorratsschutzgeräte. Landtechn. Forschg. Heft 4, 1952, 146—148. — **297.** Koch, H.: Der heutige Stand des Nebelverfahrens zur Bekämpfung von Schädlingen im Pflanzen- u. Vorratsschutz. Nachrichtenbl. des Dtsch. Pflanzenschutzdienstes, *5*, 1953, 135 bis 138. — 298. Koch, H.: Verfahren und Geräte bei der Schädlingsbekämpfung. Kartoffelbau, *4*, 1953, 92—93. — **299.** Koch, H.: Die amtliche Prüfung der Pflanzenschutz- und Vorratsschutzgeräte unter besonderer Betrachtung der techn. Prüfung. Nachrichtenbl. Dtsch. Pflanzenschutzdienst (Braunschweig), *5*, 1953, 23—29. — **300.** Koch, H.: Geometrische Figuren und ihre Anwendbarkeit auf Düsen-Flüssigkeitsstrahlen bei mehrdüsigen Pflanzenschutzgeräten zwecks Wahl des richtigen Düsenabstandes zur Erzielung bestmöglicher Flüssig-

keitsverteilung. Mitt. Biol. Bundesanstalt f. Land- u. Forstwirtschaft, Berlin-Dahlem, *82*, 1954, 1—36. — **301.** Koch, H.: Technik in der Schädlingsbekämpfung. Mitt. d. Dtsch. Landw.-Ges., Illustr. Beilage, *5*, 1954, 33—40. — **302.** Koch, H.: Spritz-, Sprüh- und Nebelkonzentration technisch gesehen. Nachrichtenbl. d. Dtsch. Pflanzenschutzdienstes, *7*, 1955, 202—204. — **303.** Koch, H.: Stand der Pflanzenschutzgerätetechnik Ende 1955. Gesunde Pflanzen, *8*, 1956, 13—17. — **304.** Koch, H.: Anerkannte Pflanzenschutzgeräte und -geräteteile. (Prüfungsbericht 1955, I. Teil.) Nachrichtenbl. d. Dtsch. Pflanzenschutzdienstes, *8*, 1956, 81—86. — **305.** Koch, H.: Anerkannte Pflanzenschutzgeräte und -geräteteile. (Prüfungsbericht 1955, II. Teil.) Nachrichtenbl. d. Dtsch. Pflanzenschutzdienstes, *8*, 1956, 169—173. — **306.** Koch, H.: Verfahren und Geräte für den Pflanzenschutz. Die Technik im Gartenbau. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 1956, 256—277. — **307.** Koch, H., L. Rump & H. Hülsenberg: Geräte im Pflanzenschutzdienst, gut gepflegt — stets einsatzbereit. Flugblatt des AID, 1955. — **308.** Kogstad, K. J.: Practical mixing tank for sprays. Gartneryrket, *41*, 1951, 260—261. — **309.** König, H.: Flugzeugbestäubung gegen den Kiefernspinner, Forstwirtschaft-Holzwirtschaft, *2*, 1948, 305—315. — **310.** König, A.: Spritzgeräte und Spritztechnik im Obstbau. Schädlingsbekämpfung, *42*, 1950, 169—171. — **311.** König, A.: Untersuchungen über das hydraulische Mischen von Suspensionen in Brühebehältern von Pflanzenschutzgeräten. Diss. Göttingen 1953. — **312.** König, E.: Durchschlagender Erfolg der Hubschrauberaktion. Schwäbischer Bauer, *5*, 1953, Nr. 42. — **313.** Kotte, W.: Krankheiten und Schädlinge im Obstbau und ihre Bekämpfung. 2. Aufl., 1948, 273—288. — **314.** Kotte, W.: Neue Spritzgeräte in USA. Nachrichtenbl. Dtsch. Pflanzenschutzdienst, *1*, 1949, 25. — **314 a.** Kotte, W.: Der „Atomiseur Vermorel", eine französ. Gebläsespritze. Gesunde Pflanzen, *2*, 1950, 179—181. — **315.** Kotte, W.: Krankheiten und Schädlinge im Gemüsebau und ihre Bekämpfung. 2. Aufl., 1952, 257—261. — **316.** Kotte, W.: Dringende Pflanzenschutzprobleme im Obstbau. Vortrag, geh. anläßl. der Obstbautagung in Niederingelheim am 5. 1. 1954. — **317.** Kotte, W.: Wichtiges im obstbaulichen Pflanzenschutz. Gesunde Pflanzen, *6*, 1954, 6—11. — **318 a.** Kremp, R.: Pflanzenschutztechnik auf alten und neuen Wegen. Westdeutscher Verlag, Köln und Opladen, 1949, 91 S. — **318 b.** Kremp, R.: Düsen für Pflanzenschutzgeräte, Ber. über Landtechnik, *8*, 1949, 5—50. — **319.** Kremp, R.: Kurzbericht über die Beurteilung der Spritzbilder. Landtechnik, *5*, 1950, 254. — **320.** Kremp, R.: Neue amerikanische Stäubegeräte. Landtechnik, *5*, 1950, 253—254. — **321.** Krieg. H.: Die Bekämpfung forstlicher Schädlinge durch Abwurf von Kalziumarseniat vom Flugzeug. Anz. Schädlingskde., *1*, 1925, 97—98. — **322.** Kuhn, L.: Untersuchungen an Rührwerken von Pflanzenschutzspritzen. Diss. Göttingen 1948. — **323.** Kuhn, L.: Die Umrührung der Spritzbrühen erhöht den Bekämpfungserfolg. Nachrichtenbl. Dtsch. Pflanzenschutzdienst, *3*, 1949, 26—27. — **324.** Kuhn, L.: Der Kraftbedarf von Karrenspritzen. Technik f. Bauern u. Gärtner, *4*, 1952, 473—474. — **325.** Kummer, W.: Nebelblaser aus der Schweiz. Technik f. Bauern u. Gärtner, *2*, 1950, 669. — **326.** Küthe, K.: Kann der Kartoffelkäfer durch Nebelverfahren bekämpft werden? Nachrichtenbl. Dtsch. Pflanzenschutzdienst, *6*, 1954, 65—68. — **327.** Küthe, K.: Der Einfluß der Spritztropfengröße auf den Erfolg einer Schädlingsbekämpfung. Nachrichtenbl. Dtsch. Pflanzenschutzdienst, *6*, 1954, 51—56.

328. Large, E. C.: The distribution of spray deposits in low-volume potato spraying. Plant Path., *2*, 1953, 93—98. — **329.** Latta, R.: Preliminary investigations on heat-generated Aerosols for the control of agricultural pests. J. Econ. Ent., *38*, 1945, 668—670. — **330.** Latta, R.: Heat generated (insecticidal) aerosols. J. Econ. Ent., *39*, 1946, 614—619. — **331.** Lattner, E. J.: Spraying pays; county agents answer many sales questions in third annual sprayer survey. Farm Equipment Retailing, *12*, 1951, 20, 54, 56, 58. — **332.** Lattner, E. J.: Trends in low-gallonage, low-pressure spraying Impl. Rec., *48*, 1951, 29—30, 32. — **333.** Lattner, E. J.: Sprayer sales questions answered. Farm Impl. News, *72*, 1951, 36—37, 73—75. — **334.** Leib, E.: Praktischer Pflanzenschutz im Spiegel der Geräteausrüstung. Gesunde Pflanzen, *5*, 1953, 165—167. — **335.** Leimbrock: Versuche über Zeitersparnis bei den Spritzarbeiten unter Verwendung von Schläuchen. Der Deutsche Weinbau, *10*, 1931, 201—204. — **336.** Lewis, H. C.: Citrus dusting equipment. Monthl. Bull. Dept. Agric. Calif., *21*, 1932, 324—339. — **337.** List, G. M.: A portable spray boom for experimental plots. Econ. Ent., *36*, 1943, 472. — **338.** Loewel, & A. Mauch: Neue Entwicklungen bei den Pflanzenschutzgeräten. Gartenwelt, 1952, 59—60. — **339.** Logsdon, R. E.: Dusting of insect infested fields by means of airplanes. Seed world, *17*, 1925, 20. — **340.** Loibl, A.: Das Sprühnebelverfahren im Hopfenbau, Hopfenrundschau, *4*, 1953, 370—371. — **341.** Ludwigs, K.: Feststehende Spritzeinrichtungen in Obstplantagen. Der Obst- u. Gemüsebau, *76*, 1930, 60—61.

342. Maag: Der Nebelblaser, ein neuzeitliches Spritzgerät. Anz. f. Schädlingskde., *23*, 1950, 91—92. — **343.** Maan, W. J.: Jets over Nieuwe Typen Hefschroefvliegtuingen.

Meded. Dir. Tuinb., *12*, 1949, 868—875. — **344.** Maan, W. J.: Plantenziektenbestrijding met Behupt van Vliegtuigen. Maandbl. Landbouw., *8*, 1951, 104—112. — **345.** Maan, W. J.: Plantenziektenbestrijding met behulp van vliegtuigen. (Plant disease control with the aid of aircraft.) Maandbl. Landbouwvoorl. dienst., *8*, 1951, 104—112. — **346.** Maan, W. J.: Het gebruik van vliegtuigen in de landen tuinbouw. (The use of aeroplanes in agriculture and horticulture.) Meded. Dir. Tuinb., *14*, 1951, 586—596. — **347.** Mann, W. J., P. M. van Bemmel, H. Milborn & J. G. Ten Houten: Helicopter spraying in agriculture and horticulture, Meded. Dir. Tuinb., *11*, 1948, 633—654. — **348.** Mally, C. W.: Arsenite of soda as an locust poison. Journ. Dept. Agric. So. Africa, *6*, 1923, 220—232. — **349.** Malmus, N.: Erfahrungen mit Nebelgeräten, insbes. mit dem neuen Schwingfeuernebelgerät in der Maikäferbekämpfung. Z. Pflanzenschutz, *4*, 1952, 18—24. — **350.** Malmus, N., & R. Diercks: Die Bekämpfung des Maikäfers im Jahre 1953 in Bayern, ihre Planung und Durchführung, sowie die gewonnenen Erfahrungen. Z. Pflanzenschutz, *6*, 1954, 45—54. — **351.** Manns, J. F.: Modern spraying and dusting outfits. Trans. Peninsula hortic. Soc., Delaware, *29*, 1940, 42—45. — **352.** Marival, J.: L'hélicoptère au service de l'agriculture. Science et Vie, No. 351, 1946. — **353.** Marke, D. J. B., & C. H. Lilly: Smoke generators for the dispersion of pesticides. J. Sci. Food, Agric., *2*, 1951, 56—65. — **354.** Marks, u. a.: Zerstäuber für Unkrautvernichtung der Fa. Aktieselkabet Hartof Kopenhagen V., Westre Boulevard 37, Mitt. D. Landw.-Ges., *46*, 1931, 952—953. — **355.** Marshall, J.: Nozzle abrasion in orchard spray applicators. Sci. Agric. Ottowa., *31*, 1951, 470—474. — **356.** Martin, H.: Distribution of copper fungicide deposits on plant surface. Nature, London, *172*, 1953, 313—314. — **357.** Martin, H.: Some bassic problems in the application of chemistry to crop protection. Ann. appl. Biol., *42*, 1955, 275—281. — **358.** Martini, E.: Das Bestäubungs-, besonders Schweinfurtergrün-Verfahren in der Malariabekämpfung. Z. Desinfektions- und Gesundheitswesen 1931, 152—159. — **359.** Masuda, Y., Y. Ueda & I. Shimizu: Motor dusting and aerosol application of insecticides. Oyo-Kontyo, Tokyo, *7*, 1951, 86—87. — **360.** Mauch, A.: Zapfwellenspritze für den Obstbau, Landtechnik, *4*, 1949, 139. — **361.** Mauch, A.: Handbetrieb bei Pflanzenschutz-Kleingeräten. Landtechnik, *5*, 1950, 251—252. — **362.** Mauch, A.: Hochdruckschläuche für Pflanzenschutzspritzen. Technik f. Bauern u. Gärtner, *2*, 1950, 443—444. — **363.** Mauch, A.: Wirtschaftliche Spritztechnik im Obstbau. Mitteilungen des obstbaulichen Versuchsringes des Alten Landes, 1950, 46—48. — **364.** Mauch, A.: Der Schlepper als Obstbaumspritze. Neue Mitt. Landw., *6*, 1951, 242. — **365.** Mauch, A.: Welche Düsenplättchen verwende ich beim Spritzen? Mitt. d. obstbaulichen Versuchsringes. Alten Landes *6*, 1951, 47. — **366.** Mauch, A.: Gebrauch der Drei-Düsen-Rohre. Mitteilungen des obstbaulichen Versuchsringes des Alten Landes, 1952, 93. — **367.** Mauch, A.: Der Schlepper und sein Gerät im Obstbau. Landtechnik, *8*, 1953, 372—375. — **368.** Mauch, A.: Der heutige Stand der Technik im Obstbau. Technik u. Landwirtschaft, *6*, 1954, 248—251. — **369.** Mauch, A.: Die technischen Erfahrungen mit Sprühgeräten. Nachrichtenbl. Dtsch. Pflanzenschutzdienst, *6*, 1954, 73—75. — **370.** Mauch, A.: Unter welchen Voraussetzungen kann die Obstbaumspritzung automatisiert werden? Mitt. d. Obstbauversuchsringes des Alten Landes, *12*, 1957, 28—33. — **371.** McCovran, E. R., J. H. Fales & L. D. Goodhue: Testing aerosols against houseflies. Soap. San. Chem., *19*, 1943, 99, 101, 103, 105, 107. — **372.** McKenna, G. F., & A. Hartzell: Effect of wetting agents in increasing the efficiency of sprays used in control of japanese beetle. Contr. Boyce Thompson Inst., Menassa., *11*, 1941, 465—471. — **373.** McKibben, E. G., a. o.: Some things to be desired in the development of spraying and dusting machinery. Michigan State hortic. Soc. Ann. Rept., *74*, 1944, 41—53. — **374.** Medler, J. T., & M. Barrow: Performance of gear pumps with wettable powder and emulsion sprays. J. Econ. Ent., *44*, 1951, 1003—1004. — **375.** Meisakhovich, J. A.: Formular for the calculation of the increase of productivity of the field sprayers. Bull. Plant. Prot., Leningrad, *1/2*, 1940, 211—214. — **376.** Meisakhovich, J. A.: The use of hydraulic sprayers for the spraying with concentrated solutions of poisons. Bull. Plant Prot., Leningrad, *3*, 1940, 133—140. — **377.** Meisakhovich, J. A.: Sprayers for pneumatic smoke producers. Vsesoiuzn. Akad. Sel'skohoz. Nauk. Dokl., *16*, 1951, 31—34. — **378.** Mentzel, F.: Die Technik und Wirtschaftlichkeit der maschinellen Anwendung chemischer Schädlingsbekämpfungsmittel im Feldbau. Diss. Bonn, 1930, 106 S. — **379.** Miller, J. M., & A. D. Isler: Dual spray equipment for airplane spraying tests. US. Dept. Agric. Res. Admin. Bur. Ent., Plant Quar., Et-*294*, 1951, 4 S. — **380.** Milosavljević, R.: Bref aperçu sur le dévelopement des traitements aériens antiparasitaires. Plant Prot., Beograd, *6—7*, 1951, 8—9. — **381.** Missorili, A.: Versuchsstationen für den Kampf gegen Malaria. Zur Präventivbehandlung mittels Schweinfurtergrün in der Praxis. Seuchenbekämpfung, *6*, 1929, 238. — **382.** Molnár, L.: Die Rolle der Luft bei der Motorverstäubung. Jahrb. ungar. Forschungsinst. Pflanzenschutz, *6*, 1951, 346—352. — **383.** Monro, H. A. U.: Tests with a phyrethrum aerosol against cockroaches

and stored product pests. Rep. Ent. Soc. Ont. Toronto, *73*, 1942, 61—63. — **384.** Monro, H. A. U., L. J. Briand, R. Delisle & C. C. Smith: Some experiments with the pyrethrum aerosol under Canadian condition. Rep. Ent. Soc. Ont. Toronto, *74*, 1943, 42—45. — **385.** Moog, A.: Warum staatseigene Pflanzenschutzgeräte? Gesunde Pflanzen, *6*, 1954, 252—254. — **386.** Moore, T.: A home-made selectiv weedkiller sprayer. J. Sports. Turf. Res. Inst., *8*, 1951, 84—86. — **387.** Mori, H.: On the insecticidal method with warning and reduced air pressure. Oyo-Kontyu, Tokyo, *7*, 1951, 60. — **388.** Morison, G. A.: Our experience with the liquid duster. J. New Hampshire Hortic. Soc., *14*, 1951, 98—105. — **389.** Morril, A. W.: Airplane dusting for the control of vegetable pests on the Mexican West Coast. J. Econ. Ent., *19*, 1926, 695—699. — **390.** Morrill, A. W.: Fighting pests with airplanes. Calif. Cultivator, *67*, 1926. — **391.** Mosebach, E.: Ratschläge zur Gerätetechnik bei der biologischen Untersuchung von Kontaktinsektiziden an Stubenfliegen. Nachrichtenbl. Dtsch. Pflanzenschutzdienst, Braunschweig, *3*, 1951, 86—88. — **392.** Mühlethaler, P., E. Günthart & H. Höhener: Neuere Entwicklung der Spritztechnik im Feldbau in der Schweiz. Mitt. Biol. Zentralanst. Berlin, *74*, 1952, 142—145. — **393.** Muijzenberg, E. W. B. van den: Mistblowing and mistblowers. Plant Prot. Conf. 1956 (London 1957), 237—282. — **394.** Müller, H.: Prüfungen von Pflanzenschutzgeräten. Mitt. Biol. Reichsanst., *63*, 1941, 17—18. — **395.** Müller, H.: Zum Entwicklungsstand der Pflanzenschutzgeräte. Gesunde Pflanzen, *5*, 1953, 253—256.

396. Nebokow, W. A.: Bekämpfung der Larven der Malariamücken. Ebenda S. 55—88 (siehe 457). — **397.** Neillie, C. R., & J. S. Houser: An account of the successful use of the airplane in dusting tall trees infested with leaf eating caterpillars. J. Econ. Ent., *15*, 1922, 85—87. — **398.** Neillie, C. R., & J. S. Houser: Fighting insects with airplanes. Nat. Geogr. Magazine, *41*, 1922, 333—339. — **399.** Nessenius: Einsatz eines Hubschraubers bei der Bekämpfung der kleinen Fichtenblattwespe im Forstamt Cloppenburg. Mitt. der BZA. Berlin-Dahlem, 1952, Heft 74. — **400.** Nessenius, G.: Feldmaikäferbekämpfung 1954 auf der Schwäbischen Alb. Nachrichtenbl. Dtsch. Pflanzenschutzdienst, *7*, 1955, 54—59. — **401.** Nessenius, G.: Maikäferbekämpfung 1955 im Forstamt Speyer, Merck-Blätter, *5*, 1955, Folge 2. — **402.** Neubert, S.: Wie bewährt sich der Motorgeräteträger „Alldog" als Helfer im Pflanzenschutz? Gesunde Pflanzen, *5*, 1953, 111—114. — **403.** Newhall, A. G., & W. W. Gunkel: A duster for row application of fungicide and for insecticide at the time of sowing seeds. Plant Dis. Rep., *35*, 1951, 219—220. — **404.** Nickels, H.: Analytische und experimentelle Untersuchungen an Pflanzenschutzgeräten unter besonderer Berücksichtigung ihrer Verteilungsorgane und deren Spritzschleier. Diss. Braunschweig, 1952. — **405.** Nickels, H.: Die Strahlzerstäubung bei Spritzdüsen. Landtechnische Forschung, Heft 3, 1953, 79—83. — **406.** Nickels, H.: Ausflußeigenschaften von Prall- und Drallkörperdüsen. Landtechnische Forschung, Heft 2, 1954, 51—58. — **407.** Nickels, H.: Die Beurteilung von Spritzschleiern unter besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse im Pflanzenschutz. Z. Aerosol-Forsch., *3*, 1954, 364—373. — **408.** Nickels, H.: Zur Frage der optimalen Spritzmittelverteilung bei Pflanzenschutzgeräten. Z. Aerosol-Forsch., *3*, 1954, 482—495. — **409.** Niemöller, A.: Übersicht über Pflanzenschutzgeräte für Feld- und Obstbau. Rhein. Bauernzeitg., *11*, 1957, 571. — **410.** Nonveiller, G.: Današnja situacija razvoja aviometode. (The present-day position of the development of aero-methods.) Plant Prot., Beograd. *6—7*, 1951, 10—29. — **411.** Nukiyama, S., & J. Tanasawa: Physics of atomization of liquids in air. Trans. Soc. Mech. Engng. Japan, *4*, 5, 6, 198—1940, 86—138; 63—68, 7—18.

412. Orlovius: Einige technische Betrachtungen über die Flugzeugbestäubung. D. Dtsch. Forstwirt., *7*, 1925, 835—836. — **413.** Ostarhild, H.: Das Verhalten von Pflanzenschutznebeln im Nebelversuchskanal. Diss. Göttingen 1954. — **414.** Ow, Fr. v., u. a.: Vergleichsprüfung von Karrenspritzen für Schädlingsbekämpfung. Maschinen- und Geräteprüfung d. Reichsnährstandes, *2*, 1937, 13—20. — **415.** Owens, H. B., L. P. Ditman & G. Burkhardt: Liquefied gas aerosols for the control of insects on eggplant and broccoli. Journ. Econ. Ent., *40*, 1947, 423—424.

416. Page, G. E.: Weed spraying equipment. Oregon agric. Exp. Stat. Bull., *493*, 1951, 24 S. — **417.** Parfentjew, I. S.: Avio-chemische Expedition zur Bekämpfung der Heuschrecken. J. Dobrochim, *6*, 1925. — **418.** Pauck, P.: Das richtige Spritzgerät für unsere Anlage. Ratschläge aus der Praxis eines Pflanzenschutzkenners. Dtsch. Obstbau, *55*, 1940, 30—32. — **419.** Payne, P. R.: Subsomic ramjets for helicopters. Flight, *66*, 1954, 737—739. — **420.** Payne, P. R.: Subsomic ramjets for helicopters. Flight, *66*, 1954, 768—769. — **421.** Pemberton, C. E.: Insects carried in transpacific airplanes. A review of quarantine work prior to December 7, 1941. Hawaii. Planters Rec., *48*, 1944, 183—186. — **422.** Peretz, J.: Sprayer and spraying efficiency. Hassadeh, *31*, 1951, 514—515. — **423.** Pesaro, A.: Sprayers. Agric. Ferraese, *55*, 1951, 81—83. — **424.** Peterson, P. D.: Five years'

experience with the speed sprayer. Amer. Fruit Grower, Cleveland (Ohio), *65*, 1945, 13, 32—35. — **425.** Peyer, E., & D. Müller: Anforderungen an die Spritzgeräte im Rebbau und vergleichende Erhebungen über stationäre Spritzanlagen mit Hochdruckspritzen. Schweiz. Z. f. Obst- und Weinbau, *89*, 1953, 69—73. — **426.** Peyer, E., & H. Huber: Prüfung neuer Spritzverfahren im Rebbau. Schweiz. Z. Obst- und Weinbau, *90*, 1954, 163—171. — **427.** Peyer, E., & Turicky: Bietet das Sprühgerät Vorteile für die Rebenbespritzung. Schweiz. Z. f. Obst- und Weinbau, *66*, 1957, Nr. 4, 94—99. — **428.** Plate, H. P.: Das Schwingfeuernebelgerät und seine Bedeutung für die Schädlingsbekämpfung. Institut für Vorrats- und Pflanzenschutz, Berlin-Zehlendorf. Sonderdruck, 6 S. — **429.** Pont, M. A.: L'appareillage d'épandage des produits phytosanitaires. Conf. int. Lutte contre Parasites 1950. Rom, 1951, 116—124. — **430.** Potts, S. F.: Application of concentrated spray with hand equipment. US. Dept. Agric. Res. Adm., Bur. Ent. Plant Quar., Et- *824*, 1951, 6 S. — **431.** Potts, S. F., P. Garman, R. B. Friend & R. A. Spencer: Construction and operation of ground equipment for applying concentrated sprays. Circ. Conn. Agric. Exp. Stat. No. *178*, 1950. — **432.** Potts, S. F., & P. Garman: Concentrated sprays for application by mist blowers for control of forest, shade and fruit tree pest. Circ. Conn. Agric. Exp. Stat. No. 177, 1950. — **433.** Potts, S. F., & R. A. Spencer: Airblast spraying apparatus for helicopters. J. Econ. Ent., *46*, 1953, 147. — **434.** Pozzi, E.: Means, methods and equipment to control plant enemies. Cent. Studi Per Ingegn. Agric. Mem., Atti., *6*, 1951, 38—47. — **435.** Le Prince, A. J., & H. A. Johnson: Development of a power dusting device for applying Paris Green as an anopheline larvicide. Public Health Reports, *44*, 1929, 1001—1017. — **436.** Prokopenko, S. F.: Utilization of DK-0,5 sprayer in the field protecting tree plantations. Les i Step'., *3*, 1951, 53—54. — **437.** Pushin, F. E.: Stirring devices for the preparation of tank mixtures in sprayers. Sad i Ogovod., 2, 1951, 37—40.

438. Rasmussen, E. J., & W. H. Sheldon: Filling the spray tank. Michigan Agric. Exp. Stat. Quart. Bull., *26*, 1944, 303—308. — **439.** Rayner, A. C., & H. Hurtig: Apparatus for producing drops of uniform size. Science, *120*, 1954, 672—673. — **440.** Reisch, E.: Der landwirtschaftliche Pflanzenschutz als betriebswirtschaftliches Problem. Z. f. Betriebswirtschaft und Marktforschung, *5*, 1956, 9 S. — **441.** Renner, K.: Einsatz der Mannesmann-Regen-Kanone bei der Schädlingsbekämpfung im Weinbau. Gesunde Pflanzen, *7*, 1955, 50. — **442.** Rice, R. J., H. F. Johnstone & C. W. Kearns: A simple exhaust aerosol or spray generator for dispersing insecticide solutions. J. Econ. Ent., *39*, 1946, 652—658. — **443.** Ripper, W. E.: Moderne Pflanzenschutzmaschinen im Feldbau. Pflanzenschutz. Mitt., *4*, 1935, 37—100. — **444.** Ripper, W. E.: Nebelspritzung, eine erfolgreiche Methode der Feldbau-Schädlingsbekämpfung in Mitteleuropa. 7. Intern. Kongreß, Ent. Verhandl., *4*, 1939, 3047—3058. — **445.** Ripper, W. E.: Die Entwicklung neuzeitlicher Schädlingsbekämpfungsgeräte. Landtechnik, *4*, 1949, 826—827. — **446.** Ripper, W. E.: Application methods for protection chemicals. Ann. Appl. Biol., *42*, 1955, 288—324. — **447.** Ripper, W. E., & P. Tudor: The development of a helicopter spraying maschine. Bull. Res., *39*, 1948, 1—13. — **448.** Rizotti, A.: Improvement of spraying technique. Agric. Venezie, *5*, 1951, 651—673. — **449.** Roak, R. C.: Definition of aerosols. J. Econ. Ent., *35*, 1942, 105—106. — **450.** Rothkirch-Massel, v.: Schädlingsbekämpfung in USA. Dtsch. Forstwirt., *19*, 1938, 795 bis 796. — **451.** Rukawischnikow, B.: Versuche zur Bekämpfung der Zuckerrübenschädlinge. Berichte 1. Allruss. Aviochimkonferenz 1930 in Moskau. Selkolchosgis 1932, 88—109. — **452.** Rump, L.: Winke für die Beschaffung von Spritzgeräten. Mitt. Landw., *55*, 1940, 263—264, 281—282. — **453.** Rump, L.: Kirschfruchtfliegenbekämpfung. Gesunde Pflanzen, *6*, 1954, 81—85. — **454.** Rump, L.: Zahlen im Pflanzenschutz. Gesunde Pflanzen, *7*, 1955, 182—185.

455. Salaschek, H.: Die erste Kirschfruchtfliegen-Großbekämpfung mit regenfesten Nebelbelägen und ihre Auswirkung auf die moderne Pflanzenschutzgeräteentwicklung. Nachrichtenbl. Dtsch. Pflanzenschutzdienst, *4*, 1952, 38—39. — **456.** Sander, R.: Luftpumpe als Rückenspritze. Blumen- und Pflanzenbau, *48*, 1944, 198. — **457.** Sasonow, I. W., & E. S. Stregulina: Bekämpfung der Spinnmilben und Larven der Malariamücken in Armenien. Berichte 1. Allruss. Aviochim-Konferenz 1930 in Moskau. Selkolchosgis 1932, 180—210 (russisch). — **458.** Scharmer, J.: Erfahrungen zur Maikäfer- und Kartoffelkäferbekämpfung mit dem Sprühgerät. Mitt. der BZA Berlin-Dahlem, *70*, 1951, 104—107. — **459.** Scharmer, J.: Die Entwicklung des Sprühverfahrens. Nachrichtenbl. Dtsch. Pflanzenschutzdienst, *5*, 1954, 71—73. — **460.** Scharmer, J., & Singer: Über Erfahrungen mit Sprühbehandlungen im Obstbau. Mitt. d. BZA Berlin-Dahlem, *74*, 1952, 147—156. — **461.** Schäfer, C.: Umbruch der Pflanzenschutztechnik durch das Nebelverfahren. Landmaschinenmarkt, *29*, 1950, 1. — **462.** Scheibe, K.: Spritzbrühbedarf bei der Kartoffelkäferbekämpfung. Gesunde Pflanzen, *5*, 1950, 105. — **463.** Scheibe, K.: Spritzbrühbedarf bei der Unkraut-

bekämpfung. Gesunde Pflanzen, *2*, 1950, 82—85. — **464.** Scheibe, K.: Versuche zur Herabsetzung der Spritzbrühmengen bei der Kartoffelkäferbekämpfung. Nachrichtenbl. Dtsch. Pflanzenschutzdienst, *2*, 1950, 117—119. — **465.** Scheibe, K.: Kurzbericht über die Ergebnisse der Versuche zur Herabsetzung von Spritzbrühmengen. Landtechnik, *5*, 1950, 254—255. — **466.** Schindler, U.: Über den Einsatz von Rückenspritzen in den nordwestdeutschen Forstrevieren. Forst und Holz, *6*, 1951, 185—188. — **467.** Schindler, U.: Die diesjährige Maikäferbekämpfung in der Lüneburger Heide. Forst und Holz, *8*, 1953, 277 bis 288. — **468.** Schindler, U.: Rückenspritzen im Forstbetrieb. Technik f. Bauern u. Gärtner, *5*, 1953, 63—64 und 87—88. — **469.** Schindler, U.: Tragbare Spritzgeräte für den Forstschutz. Forstschutz-Merkblätter, *6*, 1955, 27 S. — **470.** Schmitt, U.: Pflanzenschutzgeräte auf der Landmaschinenschau in Hannover. Gesunde Pflanzen, *8*, 1949, 148—152. — **471.** Schober, K.: Österreichische Maschinen und Geräte zur Schädlings- und Unkrautbekämpfung im Feldbau. Landwirtschaft 1951, 192—195. — **472.** Schoch, G.: Interessantes Anbau-Baumspritzgerät. Techn. Bauern Gärtn. *3* (Ausg. A), 1951, 99—100. — **473.** Schöne: Eine erfolgreiche Bekämpfung der Kirschfruchtfliege. Gesunde Pflanzen, *4*, 1952, 295—296. — **474.** Schröter, K.: Wirksam geschützter Zapfwellenantrieb. Die Landtechnik, *9*, 1954, 219—221. — **475.** Schroth, E.: Über die Spritztechnik mit Motorspritzen. Pflanzenarzt, *7*, 1954, 1—2. — **476.** Schumacher, G.: Hubschrauber gegen Kartoffelkäfer, Gesunde Pflanzen, *3*, 1951, 189—191. — **477.** Schumacher, G.: Die Anforderungen, die an Pflanzenschutzgeräte gestellt werden müssen, und der derzeitige Stand derselben. Z. Pflanzenkrankh., *58*, 1951, 96—100. — **478.** Schumacher, G.: Anforderungen an Pflanzenschutzgeräte und ihr derzeitiger Stand. Mitt. Biol. Zentralanst. Berlin-Dahlem, *70*, 1951, 27—32. — **479.** Schumacher, G.: Stand der Pflanzenschutzgerätetechnik. Gesunde Pflanzen, *3*, 1951, 85—87. — **480.** Schumacher, G.: Hubschrauber gegen Kartoffelkäfer. Gesunde Pflanzen, *3*, 1951, 189—191. — **481.** Schumacher, G.: Untersuchungen zur Rentabilitätssteigerung im Pflanzenschutz durch Einsatz brühsparender Spritzen. Diss. in Forschung und Beratung, *1*, 1952. — **482.** Schumacher, G.: Pflanzenschutztechnik. Gesunde Pflanzen, *5*, 1953, 5—7. — **483.** Schumacher, G.: Pflanzenschutzgeräte vor 50 Jahren und ihre Entwicklung. Gesunde Pflanzen, *7*, 1955, 96—101. — **484.** Schumacher, G.: Pflanzenschutzgeräte. Kartoffelbau, *7*, 1956, 86. — **485.** Schumacher, G.: Von der Rückenspritze bis zum Flugzeugeinsatz. Kartoffelbau, *8*, 1957, 84—85. — **486.** Schumacher, G., & G. Haronska: Erfahrungen aus dem ersten Hubschraubereinsatz gegen den Kartoffelkäfer in der Bundesrepublik. Frankfurt, 1951, 35 S. — **487.** Schumacher, G., & G. Haronska: Weitere Untersuchungen über den Einsatz von Luftfahrzeugen im Pflanzenschutz mit Hilfe einer „Piper super cub" im Jahre 1954. Frankfurt/M., Verlag Kommentator, 1954, 48 S. — **488.** Schumacher, G., & G. Haronska: Bericht über Versuche zur Bekämpfung des Kartoffelkäfers (Leptinotarsa decemlineata Say) mit Hilfe eines Starrflügelflugzeuges vom Typ „Piper super cub". Frankfurt, 1954, 1—40. — **489.** Schütz, K.: Spritzung mit Schaumnebel. Technik i. d. Landw., *24*, 1943, 35—40. — **490.** Schütz, K.: Ein neues Mehrzweckgerät zum Sprühen und Stäuben. Landtechnik, *7*, 1952, 616—617. — **491.** Schütz, K.: Über den Einfluß der Trägerstoffmengen in Spritzbrühen und Stäubemitteln auf die Technik der Verteilungsgeräte. Med. van de Landbouwhogeschool En de Opzoekingsstations van de Staat Te Gent. *XVII*, 1952, 182—202. — **492.** Schütz, K.: Die Technik der Schädlingsbekämpfung und ihre Entwicklung. Landfreund, *17/18*, 1953, 7 S. — **493.** Schütz, K.: Zur Physik des Sprühverfahrens, unveröffentlicht, 1955. — **494.** Schütz, K.: Beitrag zur Technologie und Technik des Sprühverfahrens in der Schädlingsbekämpfung. Höfchen-Briefe, *3*, 1956, 172. — **495.** Schwartz, E.: Erfahrungen beim Ausbringen von HCH-Staub mit Handelsdünger-Streugeräten. Dtsch. Landwirtschaft, *8*, 1957, 31—36. — **496.** Schwarzenberg, M.: Einsatz von Vielfachgeräten für Schädlingsbekämpfung. Die Landtechnik, *4*, 1949, 202—203. — **497.** Schwerdtfeger, F.: Insektizide Nebel im Forstschutz. Anz. f. Schädlingskde, *12*, 1949, 7—10. — **498.** Schwitulla, H.: Ist der Hubschrauber bei der Kirschfruchtfliegenbekämpfung rentabel? Gesunde Pflanzen, *9*, 1957, 34—36. — **498 a.** Schwope, D.: Bekämpfung der Kirschfruchtfliege in hängigem Gelände mit Hilfe des Wirkstoffnebelverfahrens. Dtsch. Gartenbau, *3*, 1956, 100—102. — **499.** Seelke, K., & E. Schwartz: Kartoffelkäferbekämpfung mit Kontaktmitteln in geringen Brühaufwandmengen. Nachrichtenbl. Dtsch. Pflanzenschutzdienst, *3*, 1953, 48. — **500.** Sherman, R. W.: Insect control on aircraft. Soap. sanit. Chem., *27*, 1951, 122—123, 125, 127. — **501.** Skodvin, K.: Spraying talk. Gartneryrket, *41*, 1951, 288—290. — **502.** Slosser, J. W.: An improved sprayer boom for potatoes and other row crops. Agric. Engin., *26*, 1945, 453—455. — **503.** Smith, C. M., & L. D. Goodhue: Particle size in relation to insecticide efficiency. Industr. Engng. Chem. Industr. Edn., Easton, *34*, 1942, 490—493. — **504.** Smith, C. M., & L. D. Goodhue: Increase in concentration of insecticide in Freon-12 accompanying transfer or discharge of an aerosol-producing solution. Industr. Engng. Chem. Anal. Edn.,

Easton, *16*, 1944, 355—357. — **505.** Smith, F. F., & L. D. Goodhue: Toxicity of nicotine aerosols to the green peach aphid under greenhouse conditions. J. Econ. Ent., *36*, 1943, 911—914. — **506.** Smith, F. F., L. P. Ditman & L. D. Goodhue: Experiments with aerosols against some pests of truck crops. J. Econ. Ent., *38*, 1945, 189—196. — **507.** Smith, F. F., & L. D. Goodhue: DDT aerosols to control onion thrips and other pests in greenhouses. J. Econ. Ent., *38*, 1945, 173—179. — **508.** Snapp, O. J.: Airplane dusting of peach orchards. J. Econ. Ent., *19*, 1926, 450—459. — **509.** Sowder, G.: New developments in spray machinery. Trans. Indiana hortic. Soc., *89*, 1951, 35—37. — **510.** Speyer, W.: Spritzen und Stäuben mit Arsengiften zur Bekämpfung der Obstmade. Z. angew. Ent., *10*, 1924, 189—210. — **511.** Spreng, H.: Maikäferbekämpfung 1951 in der Schweiz. Gesunde Pflanzen, *4*, 1952, 248—250. — **512.** Sprossmann, G.: Forstschädlingsbekämpfung durch Einsatz von Nebelgeräten. Mitt. d. BZA f. Land- und Forst. Berlin-Dahlem, *74*, 1952, 102. — **513.** Staehelin, M., & G. Trivelli: Les appareils de pulvérisation et leur emploi dans la lutte contre le mildiou de la pomme de terre. Rev. Romande Agric., *9*, 1953, 37—39. — **514.** Stankovic, A.: The results of insecticide application by aeroplanes against the caterpillars of Euxoa temera Hb. in North Banat. Plant Prot., Beograd, *6*—7, 1951, 80—100. — **515.** Stantien: Wirkstoffnebel im Pflanzenschutz. Gesunde Pflanzen, *1*, 1949, 242—244. — **516.** Starker, Ch.: Dusting, spraying conference. Agric. Chem., *9*, 39—41, 111. — **517.** Starr, D. F.: Use of double — nozzled spray apparatus for the application of DDT or oils. Science, *102*, 1945, 156—157. — **518.** Stellwaag, F.: Stand und Krisis der Schädlingsbekämpfung im Weinbau. Z. f. Pflanzenkr., *53*, 1943, 113—124. — **519.** Stier, R.: Der luftgekühlte Zweitakt-Kleindiesel für die Landwirtschaft. Technik und Landwirtschaft, *8*, 1956, 460—462. — **520.** Still, G. W.: Hooded-Boom sprayer for grapes. US. Dept. Agric. Bur. Ent. a. Plant. Quar., *12*, 1950, 10 S. — **521.** Stobwasser, H.: Heißgasnebel im Einsatz gegen Maikäfer. Gesunde Pflanzen, *2*, 1950, 233—235. — **522.** Stobwasser, H.: Gedanken über Aerokolloide und ihre Eigenschaften und Anwendungsmöglichkeiten im Pflanzenschutz. Z. f. Pflanzenkr., *59*, 1952, 358—364. — **523.** Stobwasser, H.: Probleme der Anwendung von Aerosolen im Pflanzenschutz und Methodik ihrer Herstellung und Untersuchung im Laboratorium. Z. f. Aerosol-Forschung und Therapie, *2*, 1953, 713—729. — **524.** Stobwasser, H.: Eindringungsvermögen von Wirkstoffnebeln in ein Getreidefeld. Anz. Schädlingskde., *27*, 1954, 177—178. — **525.** Stobwasser, H.: Untersuchungen über die Möglichkeit der Vernebelung von fungiziden Pflanzenschutzwirkstoffen. Z. f. Aerosol-Forschung und Therapie, *3*, 1954, 461—481. — **526.** Stobwasser, H., & E. Welte: Heißgasnebelgeräte bei der Maikäferbekämpfung. Gesunde Pflanzen, *3*, 1951, 244—247. — **527.** Stobwasser, H., & E. Welte: Erfahrungen bei der Kartoffelkäferbekämpfung mit Heißgasnebelgeräten. Gesunde Pflanzen, *4*, 1952, 84—86. — **528.** Stolze, K. V.: Vorschläge zur Abänderung einfacher Spritz- und Stäubegeräte für die Verwendung bei Hackfrüchten. Nachrichtenbl. Pflanzenschutzdienst, *10*, 1930, 17—18. — **529.** Stoy, O.: New methods of spraying. Sver. pomol. För. fruktodlaren, *5/6*, 1951, 140—143. — **530.** Streeter, L. R., P. J. Chappman, S. W. Harmann & G. W. Pearce: Spray and other deposits on fruit. New York State Agric. Exp. Stat. Bull., *611*, 932, 19 S. — **531.** Sullivan, W. N., L. D. Goodhue & J. H. Fales: Application of the aerosols to fumigation. I. Stabilization of a naphthalene aerosol. J. Econ. Ent., *34*, 1941, 650—653.

532. Tamm, L. A.: Results of the examination of a one-horse duster. Bull. Plant Prot., Leningrad, *1/2*, 1940, 204—210. — **533.** Taylor, C. S.: Assuring adequate spraying equipment. Sheep. Goat Raiser, *31*, 1951, 10—61. — **534.** Thalenhorst, W.: Die Anwendung von Nebeln in der Forstschädlingsbekämpfung. Forstarchiv, *20*, 1944, 198—199. — **535.** Thalenhorst, W.: Der heutige Stand der Flugzeugsprühung im Pflanzenschutz. Anz. f. Schädlingskde, *20*, 1944, 25—29. — **536.** Thalenhorst, W.: Ein neues Verfahren zur Flugzeug-Schädlingsbekämpfung. Z. f. Pflanzenkr., *55*, 1948, 233—236. — **537.** Thalenhorst, W.: Flugzeug u. Forstschädlingsbekämpfung nach dem Kriege. Gesunde Pflanzen, *4*, 1952, 9—11. — **538.** Thate: Versuche zur Prüfung der Wirkung neuer Spritzgeräte mit Hilfe fluoreszierender Stoffe. Mitteilungen der BZA. 1952, H. 74, 145—146. — **539.** Thielmann, K.: Zur Methode und Technik der modernen forstlichen Großschädlingsbekämpfung. Allg. Forstschr., *5*, 1950, 280—281. — **540.** Thielmann, K.: Nonnenbekämpfung 1950 im Forstamt Weiden (Opf.). Allg. Forstschr., *6*, 1951, 49—51. — **541.** Thiem, H.: Über den derzeitigen Stand der Maikäferbekämpfung in Deutschland. Nachrichtenbl. Dtsch. Pflanzenschutzdienst, *3*, 1951, 40. — **542.** Thiem, H.: Über Erfahrungen zur Bekämpfung der Kirschfruchtfliege. Mitt. d. BZA, Berlin-Dahlem, *70*, 1951, 118—121. — **543.** Thiem, H.: Sind im obstbaulichen Pflanzenschutz Großraumbehandlungen möglich? Mitt. d. BZA, Berlin-Dahlem, *74*, 1952, 156—159. — **544.** Thiem, H.: Hochleistungsgeräte im obstbaulichen Pflanzenschutz. Mitt. d. DLG, *11*, 1953, 251—253. — **545.** Thiem, H.: Stand des Sprüh- und Nebelverfahrens im Obstbau von Deutschland. Dtsch. Baumschule,

8, 1956, 1—12. — **546.** THILL: Arbeitsweise und Einsatz neuer Pflanzenschutzgeräte. Technik und Landwirtschaft, *7*, 1955, 161—162. — **547.** THORSRUD, J.: Movable sprayers. Frukt og Baer, *4*, 1951, 23—32. — **548.** TRAPPMANN, W.: Ist bei der Prüfung von Spritz-, Stäube-, Sprüh- und Nebelgeräten auch der biologische Erfolg zu berücksichtigen? Nachrichtenbl. Dtsch. Pflanzenschutzdienst, *6*, 1952, 94 S. — **549.** TRAPPMANN, W.: Pflanzenschutz in den USA. Gesunde Pflanzen, *5*, 1953, 34—38. — **550.** TRAPPMANN, W., & H. ZEUMER: Kleiner Ratgeber über Pflanzenschutzmittel. Frankfurt/Main, *26*, 1954, 100 S. — **551.** TRIERWEILER, N.: Neue Wege in der Schädlingsbekämpfung im Weinbau. Gesunde Pflanzen, *8*, 1956, 209—211. — **552.** TRIVELLI, G.: Eine neue Methode im Kampf gegen die Rote Spinne in Gewächshäusern: Azobenzol und dessen Gebrauch als „Aerosol". Der Gartenmeister, *51*, 1948, 365—368.

553. UPHOF, I. C. TH.: Die moderne Insektenbekämpfung in den Vereinigten Staaten. Z. angew. Ent., *9*, 1923, 343—352.

554. VASIĆ, K.: Sur la possibilité de l'emploie des aérosols dans la lutte contre les chenilles d'Euxoa temera Hb. Plant Prot., Beograd, *6—7*, 1951, 75—79. — **555.** VEERMAN, J. A.: Het nevelen in de bollenen in de groenteteelt. Meded. Dir. Tuinbouw, *15*, 1952, 801—804. — **556.** VENKATARAYAN, J. V.: A rat-trap for cocoanut plantations. Journ. Mysore. Agric. exp. Union, Bangalore, *17*, 1939, 188—190. — **557.** VICTOR, B.: Neue Maschinen und Geräte für den Weinbau. Weinberg und Keller, 1954, 366—371. — **558.** VICTOR, B.: Der Hubschrauber im Dienste der Schädlingsbekämpfung. Das Weinblatt, *21*, 1955. — **559.** VICTOR, B.: Maschinen und Geräte zum Pflanzenschutz. Landtechnik, *12*, 1957, 104—115. — **560.** VICTOR, B., & GENTSCH: Neuzeitliche Motorspritzen für Wein- und Obstbau. Technik f. Bauern u. Gärtner, *4*, 377—378. — **561.** VICTOR, B., & K. MÜLLER: Ein neuer Weg zur Schädlingsbekämpfung. Technik und Landwirtschaft, *7*, 1955, 347—348. — **562.** VIÈL, M.: Les traitements insecticides par voie aérienne. Phytoma, Paris, *4*, 1951, 9—16, 21—25. — **563.** VOELKEL, H.: Berichte und Versuche über Entwicklung und Bau eines Streuapparates für das reichseigene Flugzeug Typ Caspar-C 32. Mitt. Biol. Reichsanst., *42*, 1931, 1—20. — **564.** VÖLKER: Meine diesjährigen Erfahrungen mit Motorverstäubern in der Kiefernspannerbekämpfung. D. Dtsch. Forstw., *12*, 1930, 245—248. — **565.** VORHIES, C. T., & L. P. WEHRLE: Preliminary tests of DDT application to crop plants and livestock with navy's fog generator. Ariz. Agric. Exp. Sta. Mimeogr. Rept., *75*, 1945, 13 S. — **506.** VORHIES, C. T., & L. P. WEHRLE: A „fog" or aerosol applicator for DDT. Science n. ser., *102*, 1945, 648.

567. WALTON, W. H., & W. C. PREWETT: The production of sprays and mists of uniform drop size by means of spinning dish type sprayers. Proc. Phys. Soc. Lond. (B), *62*, 341—350. — **568.** WALTHER, K. H.: Maschinen und Geräte des Pflanzenschutzes in Süd-Hannover. Diss. Göttingen, 1949. — **569.** WEBB, E. G.: Farm sprayer operation. Farmer's Mag., *48*, 1951, 64, 66. — **570.** WEBER, G.: Großeinsatz von Nebel- und Sprühgeräten zur Bekämpfung der Kirschfruchtfliege. Anz. f. Schädlingskde., *25*, 1952, 53—56. **571.** WEBER, G.: Erfolgreiche Bekämpfung der Kirschfruchtfliege. Der Hessische Obstbau, 1952. — **572.** WEGENAAR, C.: Gebruik van tugnevelspruiten in tiunbouwgewassen. Medelingen, *18*, 1955, 197—200. — **573.** WELLENSTEIN, G.: Sichtballone zur Erleichterung der Flugzeugbegiftung. Forstarchiv, *20*, 1944, 33—35. — **574.** WELLENSTEIN, G.: Neue Wege der Wirtschaftlichkeit in der forstlichen Schädlingsbekämpfung. Mitt. d. BZA, Berlin-Dahlem, *74*, 1952, 50—57. — **575.** WHITTAKER, E. C.: The care and maintenance of orchard machinery and equipment. Agric. Gaz. N.S. Wales, *54*, 1943, 114—115. — **576.** WICHERS, P. J.: Cost of disease control; motor spraying and mist spraying. Fruitteelt Dec. 1951, 897—899. — **577.** WILCOXEN & MORGAN: Surface active agents in foliage sprays. Ind. and Engng. Chem. Vol., *40*, 1948. — **578.** WILSON, C. S.: Aerosol spray units for control of biting insects. Mosquito News, *10*, 51—54. — **579.** WINNING, E. v.: Spritzversuche mit geringen Brühaufwandmengen. Nachrichtenbl. Dtsch. Pflanzenschutzdienst, *6*, 1952, 45—52. — **580.** WINTERBERG, M.: Der Schwefel-Vernebelungsapparat „Sulfurator". Gartenwelt, *51*, 1951, 320. — **581.** WITTWER, N., & G. MÜLLER: Versuche mit einem neuen Nebelverfahren zur Bekämpfung der Kirschfruchtfliege (Rhagoletis cerasi). Schweiz. Z. f. Obst- und Weinbau, *62*, 1953, 11—15. — **582.** WOEFLE, M.: Maikäferbekämpfung mit modernen Geräten. Anz. Schädlingskde., *24*, 1951, 182—183. — **583.** WOLFF, M.: Die Vorgeschichte des Arsenflugzeugkampfes gegen Forstschädlinge. Forstarchiv, *1*, 1925, 36—40. — **584.** WOLFF, M.: Die neuen Junkers-Ganzmetall-Streuflugzeuge, Type W 33. Silva, *16*, 1928, 241—244. — **585.** WOLFF, M., & K. A. KRAUSSE: Flugzeug und Arsen gegen Forstschädlinge. Bayer. Forst- und Jagdz., *32*, 1925, 167—169. — **586.** WOLFF, M., & A. KRAUSSE: Die Einführung der Arsenverstäubung vom Flugzeug aus in die Praxis der Forstschädlingsbekämpfung. Anz. Schädlingskde., *1*, 1925, 99—100. — **587.** WOOD, W. S., & W. J. OATES: A general purpose farm sprayer. Oklahoma Agric. Exp. Stat. Bull., *363*, 1951, 14 S. — **588.** WOOTTEN,

N. W., & K. F. Sawyer: The pich-up of spray droplets by flying locust. Bull. Ent. Res., *45*, 1954, 177—197. — **589.** Wöllmer, H.: Physikalische Eigenschaften von Aerosolen in der Schädlingsbekämpfung. Z. f. Schädlingsbekämpfung, *43*, 1951, 117—129.

590. Yeo, D., & B. W. Thompson: The deposition in open country of a coarse aerosol released from an aircraft. Bull. Ent. Res., *45*, 79—92. — **591.** Yeomans, A. H.: Directions for determining particle size of aerosols and fine sprays. US Dept. Agric. Bur. Ent. Plant Quar., *267*, 1947, 7 S. — **592.** Yeomans, A. H.: An improved aerosol nozzle for use on engine exhausts. US. Dept. Agric. Bur. Ent. Plant Quar., *251*, 1948, 2 S. — **593.** Yeomans, A. H., & W. G. Bodenskin: An exhaust aerosol generator for 1—1/2 horsepower motors. US. Dept. Agric. Bur. Ent. Plant. Quar., *238*, 1947, 3 S. — **594.** Yeomans, A. H., E. Rogers & Ball: Behaviour of aerosols droplets. J. Econ. Ent., *42*, 1949, 591—596. — **595.** Yeomans, A. H., & E. E. Rogers: Factors influencing deposit of spray droplets. J. of Econ. Ent., *46*, 1953, 57—60. — **596.** Yuill, J. S., C. B. Eaton & D. A. Isler: Airplane spraying for forest pest control. US. Dept. Agric. Bur. Ent., Plant Quar., *823*, 1951, 21 S.

597. Zäche, C., J. Kundert & F. Bieri: Schorfbekämpfungsversuche mit Nebelblaser im Jahre 1950. Schweiz. Z. f. Obst- und Weinbau, *60*, 1951, 59—67. — **598.** Zappe, M. P., & E. M. Stoddard: Results of dusting versus spraying in connecticut apple and peach orchard in 1922. Connectitut Agric. Exp. Stat. Bull., *245*, 1923, 229—243. — **599.** Zillig, H.: Versuche mit neueren Apparaten zur Schädlingsbekämpfung im Weinbau. Weinbau und Kellerwirtschaft, *3*, 1924, 59—61. — **600.** Zillig, H.: Die Anwendung von Motoren im Weinbau. Weinbau und Kellerwirtschaft, *5*, 1926, 9—12. — **601.** Zillig, H.: Anlagen zur gemeinsamen Herstellung von Spritzbrühe im rheinischen Weinbau. Wein und Rebe, *17*, 1935, 1—30. — **602.** Zillig, H.: Verbesserung und Verbilligung der Rebschädlingsbekämpfung durch Schaffung von Spritzbrühanlagen im Rebgelände. Der Dtsch. Weinbau, *15*, 1936, 237—238. — **603.** Zillig, H.: Fortschritte in der Technik der Rebschädlingsbekämpfung. Der Dtsch. Weinbau, *17*, 1938, 241—243. — **604.** Zillig, H.: Was ist beim Bau gemeinsamer Spritzbrühanlagen zu beachten? Der Dtsch. Weinbau, *17*, 1938, 321—324. — **605.** Zillig, H.: Spritz- und Stäubegeräte für den Pflanzenschutz. Flugbl. d. Biol. Reichsanst. f. Land- und Forstw. Berlin-Dahlem, *89*, 1941. — **606.** Zillig, H.: Spritz- und Stäubegeräte für den Pflanzenschutz. Biol. Reichsanst. Flugbl., *89*, 1941, 20 S. — **607.** Ziopkalo, V. L.: Über die Methodik der Flugzeugbekämpfung von Forstschädlingen. Arb. Forschungsstelle Forstwirtsch. und Holzindustrie Charkow, 1931. — **608.** Zipf: Tanks as time savers when spraying. Amer. Fruit Grower, Cleveland (Ohio), *60*, 1940, 19—40. — **609.** Zivojinović, S.: Rôle of aircraft in gypsy moth control in 1947—1950. Plant. Prot., Beograd, *6*—*7*, 1951, 42—63. — **610.** Zobrist, L.: Rebspritzungen mit dem Helikopter, Aussichten für die praktische Anwendung. Z. f. Obst- und Weinbau, *63*, 1954, 171—175. — **611.** Zobrist, L., R. Clausen & P. Mühlethaler: Rebspritzung mit dem Helikopter. Der erste Versuch in der Schweiz. Schweiz. Z. f. Obst- und Weinbau, *62*, 1953, 246—249. — **612.** Zobrist, L., R. Clausen & P. Mühlethaler: Rebspritzungen mit dem Helikopter — vom Versuch zur praktischen Anwendung. Schweiz. Z. f. Obst- und Weinbau, *62*, 1953, 283—387. — **613.** Zobrist, L., R. Clausen & P. Mühlethaler: Utilisation de l'hélicoptère pour le traitement contre le mildiou de la vigne. Phytoma, *6*, 1953, 5—8.

614. Anonymus Forstschädlingsbekämpfung durch Flugzeuge. Forstwiss. Zentralbl.., *47*, 1925, 841—844. — **615.** —: Junkers-Nachrichten, Jahrgänge 1926—1929. — **616.** —: Schädlingsbekämpfung mit Junkers-Flugzeugen. Junkers-Nachrichten, Dessau, 1929. — **617.** —: Das Flugzeug als Hilfsmittel zur Vertilgung von Forstinsekten. D. Forstztg., *39*, 1929, 1134. — **618.** —: Flugzeuge im Kampf gegen Schädlinge. Berichte 1. Allruss. Aviochim-Konferenz 1930 in Moskau. Selkolchosgis 1932. — **619.** —: Mehrere Allmann-Maschinen für Bespritzung und Verstäubung, Landtechnik, *4*, 1949, 827—828. — **620.** —: Das Kaltnebelverfahren von Borchers. Technik f. Bauern u. Gärtner, *2*, 1950, 234—235. — **621.** —: Eine wassersparende Düse. Technik f. Bauern u. Gärtner, *2*, 1950, 112. — **622.** —: Schädlingsbekämpfung durch „Molekulatoren". Technik f. Bauern u. Gärtner, *2*, 1950, 740—741. — **623.** —: Schädlingsbekämpfung schreitet neue Wege in der Spritztechnik. Gartenwelt, *50*, 1950, 319. — **624.** —: Spritzmaschine für hohe Leistungen. Technik f. Bauern u. Gärtner, *2*, 1950, 113—114. — **625.** —: Spritzgeräte aus der Schweiz. Technik f. Bauern u. Gärtner, *2*, 1950, 412. — **626.** —: Welche Erfahrungen machte man bei der letzten Maikäferaktion mit den neuzeitlichen Spritzgeräten? Der Schweizer Bauer, Bern, *77*, 1950, 3. — **627.** —: Bedingungen für die amtliche Prüfung von Pflanzenschutz- und Vorratsschutzgeräten. Biol. Zentralanst. Braunschweig, Flugbl. A *5*, 1951, 4 S. — **628.** —: Hubschrauber im Kampf gegen Schädlinge. Landw. Z. Nord.-Rhein-Prov., *118*, 1951, 664. — **629.** —: Insektenmittel werden elektrisch geladen. Amerika-Dienst (US. Feature Serv.) Landwirtschaft IV *2/A*, 1951, 13. — **630.** —: Bibliographie der Flugzeugverwendung in Jugoslawien. Plant Prot., Beograd, *6*—*7*,

1951, 181. — **631.** —: Weinbergspritze und Kugelgelenkdüsen. Techn. f. Bauern u. Gärtner, *3*, 1951, 240. — **632.** —: Maschinen und Geräte für den Weinbau, Technik für Bauern und Gärtner, *4*, 1952, 449—452. — **633.** —: Bureau de la ligue nationale de lutte contre les ennemis des cultures. Enquête sur les machines de traitements des cultures dites basses. La Défense des Végétaux, *6*, 1954, 17—23. — **634.** —: Rückenspritze oder Motorspritze? Dtsch. Bauernschule, *6*, 1954, 18—19. — **635.** —: Wirkungsvolle Schädlingsbekämpfung (Schwingfeuer-Nebelgerät). Die Landtechnik, *9*, 1954, 520. — **636.** —: Gelenkwellen und Gelenkwellenschutz. Technik u. Landwirtschaft, *7*, 1955, 442—443. — **637.** —: Die neue „Armada-Staubkanone" (engl. Gerät). Die Landtechnik, *5*, 1956, 254. — **638.** —: Rückensprühgeräte. Tuinbouwgids 1956. — **639.** —: Vorteile des Sprühverfahrens. Der Dtsch. Weinbau, *11*, 1956, 351—352. — **640.** —: Aus der Industrie (Pflanzenschutzgeräte). Technik u. Landwirtschaft, *9*, 1957, 193—195.

D. Streuen, Gießen, Injizieren, Begasen u. a. chemische Bekämpfungsarten

Das Streuen von Pflanzenschutzmitteln (44, 52) beschränkte sich früher vor allem auf die Anwendung zur Unkrautbekämpfung geeigneter Düngemittel wie Hederich-Kainit, Kalkstickstoff usw. In neuerer Zeit hat das Streuverfahren besonders mit der Entwicklung von Streumitteln und Streukonzentraten zur Bekämpfung schädlicher Bodeninsekten, der Herstellung wuchsstoffhaltiger Herbizide als Streumittel und mit der Anwendung von Rattenstreupulvern an Bedeutung gewonnen. Neuentwicklungen auf dem Gebiete streufähiger Bodenfungizide und vielleicht auch Nematizide dürften dem Streuverfahren weitere Einsatzmöglichkeiten geben. Streumittel unterscheiden sich von Stäubemitteln durch ihre Teilchengröße. Die streufähigen Zubereitungen von Pflanzenschutzmitteln haben in der Regel Teilchengrößen um 100 μ.

Spezielle Streugeräte für die Ausbringung von Pflanzenschutzstreumitteln gibt es bisher kaum, doch ist bei wachsender Bedeutung des Streuverfahrens in der Zukunft u. U. die Entwicklung solcher Geräte denkbar. Bei Ausbringung von Streumitteln auf Kleinstflächen und in kleinen Mengen sind die Mittel anwendungsfertig in Streudosen verpackt. Bei Ausbringung von Streumitteln auf größeren Flächen bedient man sich der in der Landwirtschaft vorhandenen Düngerstreuer. Bei Drillsaaten hat sich die Ausbringung der Streumittel mit Drillmaschinen bewährt. In der Regel ist Einarbeitung der Bodendesinfektionsmittel in den Boden unerläßlich. Es gibt eine Reihe verschiedener Geräte und Methoden, die Mittel in den Boden einzubringen. Es seien nur Bodenfräse, Hacke und Egge erwähnt.

Streumittel lassen sich teilweise auch mit normalen Rückenstäubern ausbringen. Zum Streuen von Totalherbiziden in Forstkulturen hat man einen normalen Rückenstäuber mit einem besonderen Mundstück versehen, so daß eine bestimmte Streubreite möglich ist. Eine Einstellskala ermöglicht genaue Dosierung. Das Streurohr ist bei dieser Konstruktion senkrecht nach unten zu halten. Bei der Bekämpfung von schädlichen Bodeninsekten hat neben dem Streuen auch das Gießen von Pflanzenschutzmitteln (38, 44) in den letzten Jahren größere Bedeutung erlangt. Anwendung von Pflanzenschutzgießmitteln erfolgt üblicherweise mit der Gießkanne. Je nachdem, ob man die Pflanzreihe auf schmalstem Raum behandelt oder eine etwas flächigere Ausbringung des Gießmittels anstrebt, wird man ohne oder mit Brausekopf arbeiten. Die Anbringung eines Laufrades am Brausekopf ermöglicht bei ziehender oder schiebender Bewegung der Gießkanne gleichmäßige

Abb. 315: Gießkanne mit Brausekopf und Laufrad. (Werkbild: Streuber und Lohmann)

Verteilung des Gießmittels auf der Fläche (Abb. 315). Drehung eines besonders ausgebildeten Brausekopfes gestattet, breit- oder schmalstreifig zu gießen. Bei der Anwendung von Gießmitteln ist der Flüssigkeitsaufwand je Flächeneinheit oder Einzelpflanze in der Regel wesentlich höher als beim Spritzen. Es geht beim Gießverfahren meist darum, das Mittel mit entsprechender Flüssigkeitsmenge an den Stengelgrund, den Wurzelhals oder an die Wurzel selbst zu bringen, in die Bodentiefen also, wo der Schädling oder Krankheitserreger lebt oder die Pflanze schädigt. Infolge des großen Wasserverbrauches ist das Gießverfahren in der Regel mit hohem Kostenaufwand verbunden. Die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln im Gießverfahren bleibt deshalb auch nur auf solche Flächen beschränkt, wo andere, wirtschaftlichere Maßnahmen nicht mehr möglich sind und unwirksam wären.

Die früher gebräuchlichen Kohlfliegengießgeräte (Abb. 316) haben heute infolge der Entwicklung neuerer, wesentlich wirtschaftlicherer Kohlfliegenbekämpfungsverfahren nur noch untergeordnete Bedeutung. Bei den Kohlfliegengießgeräten wurde ein 20 l Lösung fassender Behälter auf dem Rücken getragen. Mittels zweier Gießschläuche, die an Leisten befestigt sind, wird das Gießmittel an die Pflanze gebracht. Durch Daumendruck auf den weichen Gummischlauch oder durch Betätigung eines Klemmhebels kann das Ausfließen der Flüssigkeit beim Weitergehen zur nächsten Pflanze unterbrochen werden. Hat das Kohlfliegengießgerät auf dem Gebiet der Gemüsefliegenbekämpfung auch keine größere praktische Bedeutung mehr, so ist doch denkbar, daß diese Konstruktion in der alten Form oder mit einigen Abwandlungen für die Ausbringung anderer Gießmittel, vor allem insektizider und fungizider Gießmittel wieder gebraucht wird (Abb. 317).

Abb. 316: Kohlfliegengießgerät. (Werkbild: Platz)

Bei der Bundesbahn verwendet man zur Unkrautbekämpfung auf Bahnkörpern seit 1927 besondere Gießgeräte. Aus alten Lokomotivtendern werden Sprengwagenzüge zusammengestellt (Abb. 318). Ein Tender faßt 12—13,5 cbm, ein aus 4—7 Tendern zusammengestellter Sprengwagenzug durchschnittlich 120 cbm. Der letzte Tender ist mit der Sprengvorrichtung ausgerüstet. Sie besteht aus einer motorbetriebenen Kreiselpumpe, die durch eine Saugleitung die Sprengflüssigkeit aus den miteinander verbundenen Tendern ansaugt und durch eine Druckleitung in 10 Doppelkammer-

Abb. 317: Gießgeräte in Verbindung mit einer Zapfwellenaufbauspritze (nach Rump, 1955)

Druckbrause-Körper preßt. Die neuesten Sprengwagenzüge (1957) bestehen aus der Lokomotive, einem Wohnwagen für den Leiter und die Begleiter des Zuges, aus 5 Kesselwagen zu je 35 cbm Inhalt und einem Sprengtender mit 20 cbm Inhalt. Das Gesamtfassungsvermögen beträgt somit rund 200 cbm. Dazu kommt noch ein Vorratswagen mit Chemikalien. Der Sprengtender befindet sich meist an der Spitze des geschobenen Zuges, damit die Bedienungsmannschaft die zu besprengende Strecke gut übersehen kann. Der Sprengtender ist mit einer Pumpe und einer Sprengvorrichtung ausgerüstet. Die Sprengvorrichtung (Abb. 318) ist so eingerichtet, daß sowohl der Bahnkörper in 4,50 m Breite auf einmal besprengt werden kann, als auch die Randwege für sich besonders behandelt werden können. Je nach dem Grade der Verunkrautung kann die Berieselung schwach oder stark eingeschaltet werden. Der Verwendungsbereich einer Sprengwagenfüllung ergibt sich aus dem Fassungsvermögen, der Schüttleistung und der der Verunkrautung angepaßten Fahrgeschwindigkeit des Zuges. Die Fahrgeschwindigkeit der Züge beträgt bis höchstens 45 km/h. Die Schüttleistung der Sprengvorrichtung beträgt dann 2700 l/min.

Beim Gießen ist es, wie schon gesagt, häufig notwendig, das Pflanzenschutzmittel in tiefere Bodenschichten, wo Krankheitserreger oder Schädling bekämpft werden sollen, einzubringen. U. U. sind dazu sehr hohe Wasseraufwandmengen erforderlich. Bei Bekämpfung mancher Schädlinge ist die Durchfeuchtung und Wirkstoffeinlagerung in der obersten Bodenschicht weniger wichtig. Das Mittel muß dafür aber in Bodentiefen gebracht werden, die beim Gießen bei tragbarem Flüssigkeitsaufwand nur schlecht zu erreichen sind. Hinzu kommt noch, daß die Wirkstoffe beim Durchdringen des Bodens gefiltert werden und in großer Menge in der oberen Bodenschicht hängen bleiben. Um solche ungünstigen Auswirkungen auszuschalten, werden deshalb verschiedene Präparate im Injektionsverfahren in den

Abb. 318 a: Bahnhofsspritzgerät (Entwicklung: Obg-Hannover), seit 1959 bei allen Direktionen in mehreren Exemplaren in Betrieb. Aufbaugerät für einen „Kl" mit 6 m³ Fassungsvermögen. Normalgeschwindigkeit 6—12 km/h. Außendüse schwenkbar, da Gleisabstand in Rangierbahnhöfen oft wechselt. (Photo: Dr. Johannes, BBA)

Abb. 318 b: Sprengzug, bestehend aus: Sprengtender (12 m³ Wasser), 5 Kesselwagen, 1 Gerätewagen, 1—2 Mannschaftswagen, 1 Lokomotive. Tender in voller Tätigkeit mit 0,8 l/m² (Schlick-Düsen). Für Natriumchlorat Außendüsen schwenkbar. Nur für Streckenbehandlungen bis 35 km/h Geschwindigkeit. (Photo: Dr. Johannes, BBA)

Abb. 318 c: Derselbe Tender wie in Abb. 318 a, jedoch mit Lechlerdüsen. Nur noch eine kleinere Düse schwenkbar. Große starre Düse für die Schotterböschung zwischen Schwellenkopf und Randweg. Gesamtaufwandmenge bis 0,2 l/m². Geschwindigkeit bis 40 km/h. (Photo: Dr. Johannes, BBA)

Boden eingebracht. Entweder sind es Suspensionen, Emulsionen oder Lösungen, die mit Düngelanzen oder Bodeninjektoren in den Boden eingebracht werden, oder solche Stoffe, die, in die in Frage kommende Bodenschicht injiziert, dort Gase entwickeln, die den Boden in bestimmtem Umkreis durchdringen und Krankheitserre-

ger oder Schädlinge abtöten. Standweite der zu schützenden Pflanzen und Wirkungsradius des eingebrachten Präparates bestimmen die Häufigkeit der notwendigen Einstiche.

Düngelanzen (Abb. 319) und Unterflurdüngegeräte können für die Einbringung verschiedener Pflanzenschutzmittel im Injektionsverfahren zwar verwendet werden, normalerweise ist aber eine ausreichend genaue Dosierung der

Abb. 319: Dünge-Lanze. (Nach Werkbild: Holder)

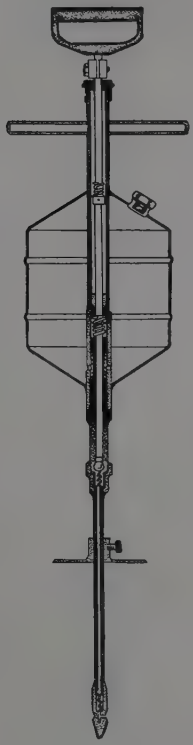


Abb. 320: Schnittzeichnung eines Handinjektors. (Nach Werkbild: Foudrier)

Abb. 321: Handinjektor

Präparate, die zur Vermeidung von Pflanzenschädigungen erreicht werden muß, mit solchen Geräten nicht möglich. Die Düngelanzen werden häufig in Verbindung mit Hochdruckrückenspritzen, Karrenspritzen, Motor- und Zapfwellenspritzen eingesetzt, deren Pumpen den nötigen Druck für die Injektion liefern. Besondere Bodeninjektionsgeräte gestatten genaue Dosierung. Handinjektoren (Abb. 320 u. 321) bestehen aus einem Messingzylinder zur Aufnahme des Präparates. Dem Behälter ist unten ein spitzes, mit seitlicher Öffnung versehenes

Ausführungsrohr aufgesetzt. In dem Messingzylinder wird eine Kolbenpumpe bewegt, bei deren Hochziehen eine an der Skala einstellbare Wirkstoffmenge in den oberen Teil des Ausführungsrohres eintritt. Durch Niederdrücken des Kolbens wird sie dann in der gewünschten Bodentiefe ausgespritzt. Mit einem an dem Spritzrohr angebrachten Querstück kann nämlich die Tiefe, bis zu der das Spritzrohr eingestoßen wird, eingestellt werden. Gewöhnlich ist der einstoßbare Teil des Spritzrohres, die „Lanze", 40 cm lang. Eine Ausführung, bei der 12 l des verwendeten Präparates in einem Behälter auf dem Rücken getragen werden, erspart das Gefäß auf dem Injektor, das nur 3—5 l faßt. Der auf dem Rücken getragene Vorratsbehälter ist durch einen Schlauch mit dem Spritzpfahl verbunden. Mögliche Verstellung des Pumpenhubs gestattet genaue und gestaffelte Dosierung. Das Bodeninjektionsverfahren ist ein kostspieliges Anwendungsverfahren von Pflanzenschutzmitteln. Auf größeren Freilandflächen ist die wirtschaftlich tragbare Anwendung von Bodendesinfektionsmitteln im Injektionsverfahren häufig nicht gewährleistet. Anders liegen die Verhältnisse auf Kleinflächen und Flächen mit wertvollen Kulturen (Treibgemüsebau, Zierpflanzenbau usw.). Zur Senkung des Arbeitsaufwandes, der bei Verwendung von Handgeräten sehr groß ist, sind schon fahrbare Großgeräte konstruiert worden, die Behandlung größerer Flächen in kürzeren Zeiträumen gestatten. So werden z. B. mehrere Bodeninjektoren in Verbindung mit zapfwellengetriebenen Anbauspritzen eingesetzt. Durch diese Geräte wird der Zeitaufwand wesentlich verkürzt. Ein Nachteil ist jedoch, daß für jede angeschlossene Düngelanze oder jeden Injektor ein Bedienungsmann vorhanden sein muß. Eine einfache Konstruktion eines Injektionsgerätes, die schon raschere Behandlung von Flächen ermöglicht, zeigt Abb. 322. Eine Drillschar reißt eine Bodenrille, in die aus einer hinter der Drillschar befestigten Leitung das Bodendesinfektionsmittel fließt. Das Präparat strömt infolge eigener Schwere aus einem an der Führungsgabel befestigten Behälter über eine Verbindungsleitung von bestimmtem Querschnitt zu. Ein Hahn an der Ausflußöffnung des Behälters ermöglicht Regulierung der Zuflußmenge. Die Einstellung richtet sich nach Art des verwendeten Mittels und der Geschwindigkeit, mit der das Gerät durchgezogen wird. Das Präparat fließt in die gezogene Furche, bevor diese durch Erde wieder verdeckt ist. Die Einbringungstiefe beträgt bei dem beschriebenen Gerät ca. 20 cm. Nach erfolgter Einleitung ist ein Schließen der Rille notwendig, damit das Präparat verlustlos im Boden vergasen und zur Wirkung kommen kann.

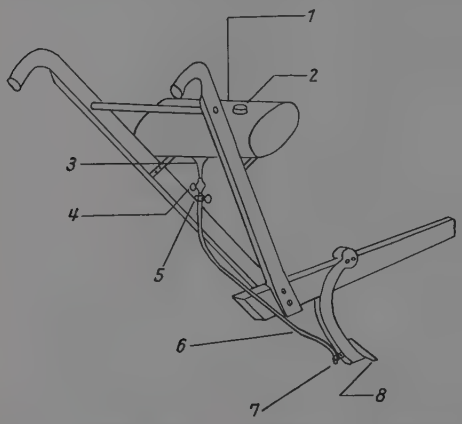


Abb. 322: Selbstthergestelltes Bodeninjektionsgerät. (Nach Werkbild: Shell). 1 = Wirkstoffbehälter, 2 = Einfüllöffnung, 3 = Ausflußöffnung, 4 = oberer Absperrhahn, 5 = unterer Absperrhahn zur Regelung der durchfließenden Wirkstoffmenge, 6 = flexibler Schlauch, 7 = Ausflußöffnung, 8 = Drillschar

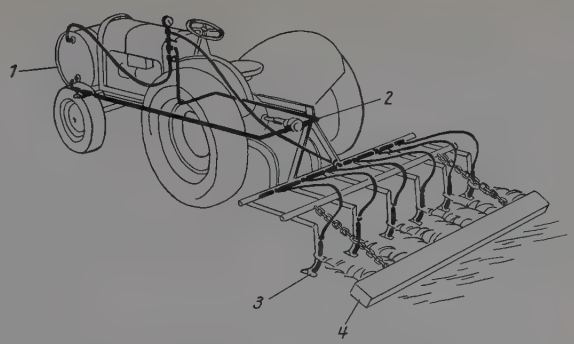


Abb. 323: Schlepperinjektionsgerät mit Schleppbalken (nach Werkbild: Shell). 1 = Wirkstoffbehälter, 2 = Zapfwellengetriebene Pumpe, 3 = Drillschar mit Zuführungsleitung, 4 = Schleppbalken

Das Schließen der Furche wird bei anderen Konstruktionen durch Schleppklötze oder -balken (Abb. 323) oder Anbringung von Walzen und Rollen erreicht. Zur Erzielung größerer Flächenleistung wurden auch Schlepperanhänge- und -aufbaugeräte konstruiert. Das Präparat wird z. B. aus einem vor dem Schlepper montierten Behälter mit einer zapfwellengetriebenen Pumpe in die Leitungen gepreßt, die hinter den Drillscharen ausmünden. Von hier fließt das verwendete Mittel in die aufgerissenen Furchen, die mit einem nachgeschleppten Holzbalken wieder geschlossen werden. Nach dem beschriebenen Prinzip arbeiten die verschiedensten Konstruktionen, sei es, daß bei den Injektionsgeräten dieser Art eine Kombination mit Schleppern verschiedener Größe und Bauart mit ein- oder mehrreihigen Drillmaschinen, Schlepperegen oder anderen Geräten erfolgt.

Die Anwendung von Gasen spielt (außer bei der Bodendesinfektion auch auf anderen Gebieten des Pflanzen- und Vorratsschutzes) eine große Rolle. Nicht immer sind die Bezeichnungen klar. Es ist deshalb notwendig, zunächst einige Begriffsbestimmungen zu geben:

Gase sind Stoffe, die in kleinsten Teilchen als Moleküle ohne Bindung aneinander sich frei im Raum bewegen. Der Stoff besitzt weder eine eigene Gestalt noch ein bestimmtes Volumen. Grundsätzlich ist jeder Stoff in allen drei Aggregatzuständen (fest, flüssig und gasförmig) möglich; echte Gase sind dagegen aber Stoffe, deren Dampfdruck verhältnismäßig hoch liegt oder deren Siedepunkt im Vergleich zur herrschenden Temperatur niedrig liegt.

Von einer Vergasung spricht man, wenn ein Mittel (das nach vorstehender Definition als echtes Gas aufzufassen ist), ohne daß bei diesem Vorgang eine chemische Umsetzung erfolgt, in den gasförmigen Zustand überführt wird, wie das z. B. bei Blausäure, Methylbromid u. a. Mitteln (46, 47) der Fall ist.

Unter Begasung versteht man die Behandlung von Pflanzen oder Vorräten mit Gasen.

Vergasungsgeräte sind entsprechend den obenstehenden Definitionen Geräte, mit denen echte Gase vergast werden,

Begasungsgeräte sind Geräte, in denen Pflanzen, Vorräte und anderes begast werden.

Einstechsonden für die Verteilung von phosphorwasserstoffentwickelnden Präparaten, Zerstäuber für Calciumcyanid u. ä. Apparate sind keine Vergasungsgeräte, da durch diese Geräte keine echte Vergasung erfolgt. In diesen Fällen wird das Gas durch chemische Umsetzung entwickelt. Die Geräte dienen lediglich der Auslegung oder Zerkleinerung des jeweiligen Mittels.

Auch der Begriff „Räuchern" wird im Pflanzenschutz oft falsch gebraucht. Rauch, d. h. feinste Verteilung fester Teilchen unter 20 μ Größe in der Luft, entsteht beim Erhitzen oder Verbrennen von Räuchermitteln, die feste oder flüssige Stoffe oder Stoffgemische sein können. Z. B. erfolgt zur Verhütung von Frostschäden in gefährdeten Kulturen die Anwendung raucherzeugenden Materials, wie Mineralöl, spezieller Räuchermassen usw. Die als Räuchermittel gehandelten Räuchertabletten, -stäbchen und Räucherspäne sind keine echten Räuchermittel. Die Bezeichnung ist nur insofern zutreffend, als den entwickelten Gasen auch rauchartige Verbrennungsprodukte beigemischt sein können. Auch bei Räucherpatronen zur Nagetierbekämpfung entwickelt sich nach Entzündung durch langsames Abglühen der Wirkstoff als Gas. Für die Wirkung entscheidend ist das Gas, nicht der beigemischte Rauch.

Zunächst seien die Geräte besprochen, die zur Ausbringung oder Anwendung solcher Stoffe und Präparate dienen, bei denen erst durch chemische Umsetzung ein Gas entwickelt wird.

Große Räucherpatronen zur Nagetierbekämpfung werden in Räucherapparaten (Abb. 324) abgebrannt. Der Verbrennungszylinder wird mit der konischen Spitze in die Mündung des zu durchgasenden Ganges eingesetzt und durch die seitlich ausklappbare Doppelstütze in jedem Winkel gehalten. Das mit

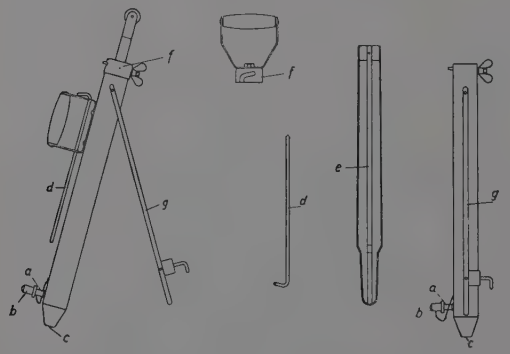


Abb. 324: Räucherapparat (nach Werkbild: Fahlberg-List). a = Sicherheitsventil, b = Gummikappe, c = Gas-Austrittsöffnung, d = Reinigungsbalken, e = ausziehbarer Rost zur Aufnahme der Patrone, f = Verschlußkappe, g = Stütze zum Aufstellen

Abb. 325: Einstechsonde für die Auslegung von Phosphorwasserstofftabletten (nach Degesch)

Abb. 326: Aufrichten eines Zeltes zur Durchführung der Baumbegasung. (Nach Hough und Mason, 1951)

dem oberen Handgriff ausziehbare Führungsgestell wird alsdann mit einer Patrone beschickt, nach deren Entzündung wieder eingeführt und der Verbrennungszylinder mit der dichtschließenden Kappe verschlossen. Das bei Verbrennen der Patrone entstehende Gasgemisch fließt infolge seiner Schwere in die Gänge, wird aber auch bei manchen Geräten mit Hilfe einer angeschlossenen Luftpumpe in die Baue eingetrieben. Bei Zuhilfenahme einer Pumpe muß diese unterhalb der Glühzone angeschlossen sein, um eine Entgiftung der Gase durch Zuführung von Sauerstoff, z. B. Umwandlung des sehr giftigen Kohlenoxyds in das harmlosere Kohlendioxyd oder die Entstehung explosiver Gasgemische zu verhindern. Neuerdings hat man Erfolge in der Wühlmausbekämpfung auch durch Einleiten von Abgasen von Benzinmotoren in die Wühlmausbaue erzielt (17, 18).

Zur Auslegung von Tabletten, die gasförmigen Phosphorwasserstoff entstehen lassen, sind handliche, zerlegbare Einstechsonden entwickelt worden (Abb. 325). Sie sind aus verchromtem Stahlrohr hergestellt und setzen sich aus Kopfteil, Zwischenstück und Rohrteil sowie einem Endstück zusammen. Der Kopfteil birgt in einem zylindrischen Gehäuse die mit einem Zählwerk gekoppelte Dosierungsvorrichtung. An dem Gehäuse sitzt oben ein kurzer Stutzen, in den die Aluminiumröhrchen mit der Öffnung nach unten eingeführt werden. Der nach unten ragende Stutzen nimmt das kleine Zwischenstück auf und hält es durch eine Flügelmutter fest. Es stellt die Verbindung zum Rohrteil her, der aus mehreren je ein Meter langen zusammenschraubbaren Rohrstücken besteht. Ihre Anzahl richtet sich nach der Schütthöhe des Getreides. Das Endstück ist abgeschrägt und an der Spitze mit einer an einem Scharnier befestigten Verschlußklappe versehen. Beim Einstechen der Sonde legt sich die Klappe vor die Öffnung und verhindert das Eindringen des Getreides in das Rohr. Wird die Sonde dann hochgezogen, so drücken die umgeben-

den Getreidekörner die über den Rohrdurchmesser hinausragende Verschlußklappe herunter, die Öffnung wird frei, und die Tabletten können herausfallen.

Zur Anwendung von Blausäure (29) ist ebenfalls eine Reihe von Geräten entwickelt worden. Erste Versuche (1886) erstreckten sich auf den Einsatz dieses Mittels zur Baumbegasung (Abb. 326). Später (1910) erfolgten auch Raumdurchgasungen. Das älteste Verfahren zur Erzeugung von gasförmiger Blausäure war das Bottichverfahren. Dabei wurden auf dem Boden des gut abgedichteten Ver-

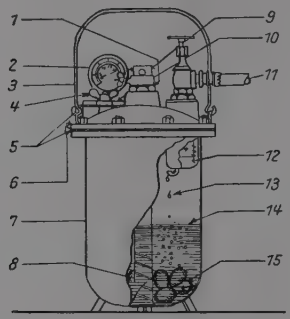


Abb. 327: Blausäureregenerator (nach Hough und Mason, 1951). 1 = säurebeständiger Dichtungsring, 2 = Regulierkolben, 3 = Tragbügel, 4 = zwei Flügelmuttern auf der Einfüllöffnung, 5 = säurebeständiger Dichtungsring, 6 = Guß-Bronzedeckel, 7 = nahtloser Behälter, 8 = Behälter für Cyaneier, 9 = Regulierkolben, 10 = Einfüllöffnung, 11 = HCN-Austritt, 12 = Säurerückkehr, 13 = Schwefelsäure-Wassermischung, 14 = Behälter für Cyaneier, 15 = Cyaneier

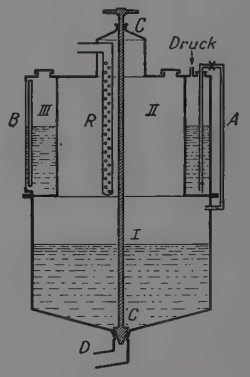


Abb. 328: Blausäureregenerator für Natriumcyanid und Schwefelsäure

gasungsraumes irdene Gefäße aufgestellt, in welche zuerst eine bestimmte Menge Wasser, dann Schwefelsäure und schließlich Natriumcyanid, in Zeitungspapier eingeschlagen, gegeben wurden. Wegen der bei der Durchführung möglichen Gefährdung der Arbeiter wurde das Generatorverfahren entwickelt. „Bottich"- und „Generator"-Verfahren werden heute zwar in einigen Ländern noch angewendet (Abb. 327 u. 328), sind im großen und ganzen aber als überholt zu betrachten. Die Behandlung des Generatorverfahrens erfolgt deshalb nur in groben Zügen. Der erste Generator wurde 1912 von William Dingle, einem amerikanischen Praktiker, gebaut. Ein verbesserter, unter dem Namen „Cyanfumer" in den USA verwendeter Generator besteht aus zwei übereinanderliegenden, innen mit einem Bleimantel oder Silikatüberzug versehenen, säurefesten Kammern, die auf kleinen Karren aufgebaut sind. In den oberen Behälter gibt man das in Wasser gelöste Natriumcyanid, in den unteren die verdünnte Schwefelsäure. Durch Zulaufenlassen bestimmter Mengen der Natriumcyanidlösung zur Schwefelsäure wird Blausäuregas entwickelt und durch Schlauchleitungen in den Vergasungsraum gebracht. Abb. 328 zeigt einen Blausäuregenerator für Natriumcyanid und Schwefelsäure. Der untere Teil I dient zur Aufnahme einer bestimmten Schwefelsäuremenge (z. B. 5 l 66 %iger H_2SO_4 + 3 l Wasser und gleichzeitig als Gasentwicklungsraum). Der obere Teil ist durch einen

Zwischenmantel unterteilt in einen Gasraum II und ein ringförmiges Gefäß III, das die NaCN-Lauge (etwa 10 l einer 30%igen Lösung) enthält. Die in I entwickelten Blausäuregase entweichen durch R und die anschließende Leitung. Die jeweils umsetzende Cyannatriumlauge wird durch A abgelassen. Das Ventil C dient zur Öffnung eines Stutzens D am Boden des Apparates zum Ablassen der Rückstände. 1916 wurde zum ersten Male flüssige Blausäure benutzt. Es wurde eine Reihe von Apparaten gebaut, die entweder die Flüssigkeit durch eine Spritze fein zerstäuben oder durch Hitze verdampfen. In Deutschland konnte sich diese „liquidgas method" nicht durchsetzen, da sich die in Stahlflaschen oder Aluminiumbehältern gelieferte Blausäure leicht zersetzt und sehr explosiv ist. Für Begasungen im Freien (30, 51) unter Zelten (Abb. 326 u. 329) oder für Durchgasungen in Nagetier- und Ameisenbauten benutzt man heute vielfach Calciumcyanid, ein Präparat, das 50% Blausäure abgibt, wenn es in feiner Verteilung mit der Luftfeuchtigkeit in Berührung kommt. Zur Begasung von Gewächshäusern usw. wird das feinkörnige Cyancalcium ohne besondere Apparatur einfach auf Papierbahnen ausgestreut. Calciumcyanid (Calcid) (27, 28, 35, 36, 39, 43, 48) kann man mit Hilfe des Calcid-Verstäubers (Abb. 330) anwenden. Die Tabletten, die 10 g Blausäure enthalten, werden auf einer Reibwalze zu feinem Staub vermahlen und mittels eines Ventilators in

Abb. 329: Baumbegasung mit Calciumcyanid (Werkbild: Degesch)

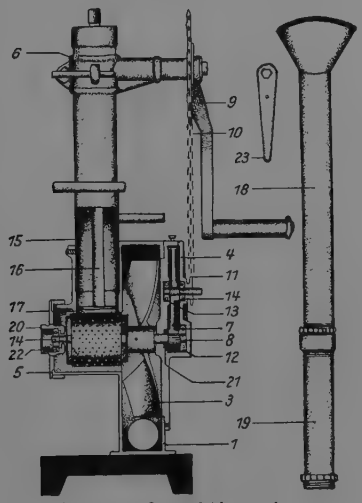


Abb. 330: Großer Calcidverstäuber (nach Werkbild: Degesch)

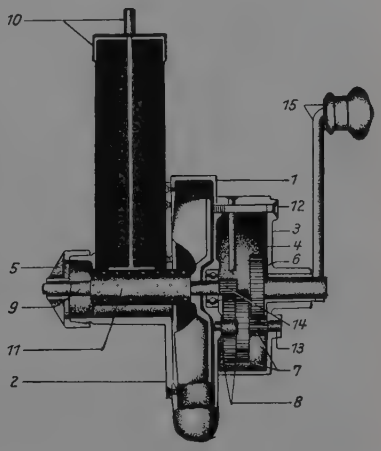


Abb. 331: Kleiner Calcidverstäuber (nach Werkbild: Degesch)

den zu begasenden Raum eingeblasen (Abb. 331). Mit der Entwicklung der modernen Kontaktinsektizide hat auch das Calcid- und Cyanogasverfahren an Bedeutung verloren.

In der Waren- (1, 2, 4, 9, 10, 12, 23, 24, 25) und Pflanzenquarantäne kommt der Begasung (5, 6, 7, 8, 11, 13, 14, 15, 16, 19, 20, 26, 37, 42, 44, 45, 49, 50) befallener oder befallsverdächtiger Waren noch größte Bedeutung zu. So finden sich an den Ein- und Ausfuhrhäfen sowie an den Grenzstationen vieler Länder entsprechende Begasungsanlagen bzw. sind solche im Entstehen. Bevor eine Beschreibung solcher Anlagen erfolgt, ist es jedoch notwendig, einige physikalische Eigenschaften von Gasen, die im Pflanzenschutz Verwendung finden, zu behandeln, da sie die Konstruktion und Ausbildung der nun zu behandelnden Vergasungsgeräte und Begasungsanlagen (33) bestimmen. Rauscher (1952) nennt folgende wesentlichen, physikalischen Eigenschaften:

1. die molekulare Beweglichkeit, denn sie begründet die Durchdringungsmöglichkeit und die rasche und gleichmäßige Ausbreitung der Gase,
2. die Dichte, bzw. Schwere, denn sie ist maßgebend für die Anwendungstechnik,
3. der Dampfdruck bzw. die Sättigung, sie bestimmen die Verpackungsart,
4. die Adsorption bzw. die Absorption, denn diese erklärt die Verluste und die Ursache der meisten Mißerfolge, die bei Verwendung von Gasen beobachtet werden,
5. die Verdampfbarkeit bzw. die Verdampfungswärme und die Flüchtigkeit, denn diese beiden Eigenschaften bestimmen Anwendbarkeit, Anwendungstechnik und Lüftbarkeit gasförmiger Stoffe, und schließlich
6. die Brennbarkeit (21) bzw. Zerknallfähigkeit, denn diese Eigenschaften sind für die Anwendungspraxis unbedingt wichtig.

Der Dampfdruck einer Flüssigkeit, in diesem Aggregatzustand werden die Gase verpackt und transportiert, ist, wie schon gesagt, maßgebend für die Verpackungsart. Eine Flüssigkeit mit niedrigem Dampfdruck kann man in normalen Transportgefäßen, Kannen usw. aufbewahren, eine Flüssigkeit mit hohem Dampfdruck in der Regel nur in Dampfflaschen. Beispiele dafür sind Acrylnitril, Tritox, Aethylendichlorid, Trichloracetonitril, Tetrachlorkohlenstoff. Alle verhältnismäßig hoch siedenden Stoffe mit relativ geringem Dampfdruck können in Kannen transportiert werden, dagegen kann SO_2 und Methylbromid nur in druckfesten Stahlflaschen oder druckfesten Büchsen, ebenso flüssige Blausäure und Aethylenoxyd nur in Stahlflaschen oder Druckfässern versandt werden. Dem Vorteil des einfacheren Versandes steht bei Stoffen mit niedrigem Dampfdruck der Nachteil einer schwierigeren Verdampfung gegenüber.

Wenn man einen dichten Raum, der mit Ware gefüllt ist, begast und die Konzentration unmittelbar nach der Gasentwicklung mit der nach einigen Stunden herrschenden vergleicht, so wird man eine wesentliche Verminderung feststellen, auch dann, wenn keinerlei Verluste durch Undichtigkeit eingetreten sein können, also z. B. in einer Stahlkammer. Diese Verluste, die enorme Werte ausmachen können, sind auf

Sorption zurückzuführen. Man spricht von Adsorption, wenn man die Eigenschaft der festen Körper, an ihrer Oberfläche Gasmoleküle einzufangen und festzuhalten, beschreibt und von Absorption, wenn man das Festhalten eines Gases in einer Flüssigkeit benennen will. Adsorption und Absorption sind der Oberfläche proportional. Schon eine scheinbar glatte Wand hat vom gastechnischen Standpunkt aus gesehen eine vielmals größere Oberfläche als ihren Maßen entspricht, denn sie stellt, wenn sie nicht mit einem völlig undurchlässigen Anstrich versehen ist, ein schwammartiges, poröses Gebilde dar, das das Gas eindringen läßt, um es dann an seiner großen Oberfläche festzuhalten. Körnige oder pulverförmige Waren haben teilweise ganz ungeheuer große Oberflächen, die absorbierend wirken können und beträchtliche Mengen des einwirkenden Gases festhalten. Die Absorption ist abhängig von der Zeitdauer der Einwirkung. Sie erreicht nach einigen Stunden ihr Maximum.

Zur Adsorption tritt bei feuchten Körpern noch die Absorption, d. h. das Festhalten des Gases im Wassergehalt, hinzu. Feucht ist praktisch jeder Körper, denn wenn er nicht im Vakuum scharf getrocknet ist, ist er von einer hauchdünnen Wasserhaut überzogen. So kann es nicht verwundern, wenn die Absorption bei Blausäure, bei Aethylenoxyd, besonders bei SO_2 90 % bis zu 97 % des ursprünglich entwickelten Gases betragen kann. Daß diese Gase mit Ausnahme von SO_2 trotzdem für die Begasung von Waren verwendet werden können, verdanken sie einerseits dem Umstand, daß die festgehaltenen Mengen später wieder abgegeben werden und die Qualität der Ware in keiner Weise beeinflussen, andererseits dem Umstand, daß auch die verbleibenden wenigen Prozente noch ausreichen, um eine restlose Wirkung auf gewisse Schädlinge zu erzielen. Umgekehrt gibt es auch Gase, deren toxische Wirkung nicht so groß ist, die dann ihre hervorragende Verwendbarkeit dem Umstand verdanken, daß sie verhältnismäßig wenig adsorbiert und praktisch gar nicht absorbiert werden. Für die Absorption ist Wasserunlöslichkeit Voraussetzung (z. B. sind Tritox und Methylbromid [40, 53] wasserunlöslich).

Adsorption und Absorption sind die Ursache, warum man sich nicht begnügen kann, das Gas an irgendeiner Stelle eines Raumes einzublasen und abzuwarten, bis es sich verteilt hat, sondern im Gegenteil danach trachten muß, die Verteilung so sehr als irgend möglich zu beschleunigen, um Überdosierung an einzelnen Stellen, die sofort zu einer Steigerung der Sorption führen würde, zu vermeiden.

Sollen größere Warenschichten, z. B. eine volle Silozelle oder ein dichter Warenstapel durchgast werden, so ist dies nur möglich, wenn es entweder gelingt, das Gas in der Ware gleichmäßig zu entwickeln, oder es mit Hilfe einer Umwälzungsvorrichtung schnell, d. h. also in Bruchteilen einer Stunde gleichmäßig über

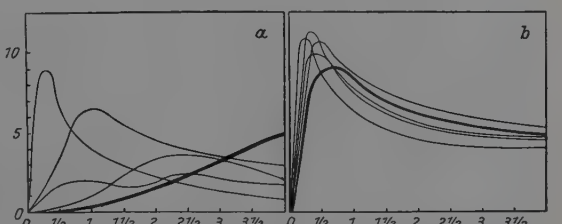


Abb. 332: Einwirkungszeit in Stunden. Gaskonzentration in g/cbm. a = ohne Kreislaufeinrichtung (das Gas muß sich selbst seinen Weg suchen), b = mit Kreislaufeinrichtung (Umwälzung des Gas-Luftgemisches). Die stark ausgezogene Kurve zeigt die Konzentration im Zentrum der Kammer, während die anderen Kurven verschiedenen Stellen der Kammer entsprechen. (Werkbild: Degesch)

Abb. 333 a: Fahrbare Begasungskammer, Nutzraum 20 cbm (Werkbild: Degesch)

die ganze Warenmenge zu verteilen. Diese Verteilung muß schneller erfolgen als die Absorption wirkt. Dieses sogenannte Kreislaufsystem, das heute nicht nur in Deutschland, sondern auch im ganzen Ausland, besonders in den USA, weite Verbreitung gefunden hat, ermöglicht die Durchdringung der Getreideschichten von mehr als 25 m, während ohne ein solches System schon eine Schicht von 1 m kaum mehr durchdrungen wird. Die Luftumwälzung geschieht am wirksamsten, wenn man mit einem gasdichten Gebläse Luft von der einen Seite der Kammer absaugt und an der gegenüberliegenden Seite wieder einbläst. Dieser so im Kreislauf geführte Luftstrom sichert eine intensive Durchspülung des Kammerinnern. Er streicht hierbei durch einen Gasentwickler und belädt sich mit dem Begasungsmittel. Schaltet man noch einen gasdichten Lufterhitzer (Kalorifer) dazwischen, dann erreicht man eine die Wirksamkeit des Gases steigernde langsame Erwärmung (3) des Kammerinhaltes. In Abb. 332 ist der Verlauf der Gaskonzentration an verschiedenen Stellen einer gefüllten Kammer, die einmal ohne und das andere Mal mit Kreislauf betrieben wurde, dargestellt.

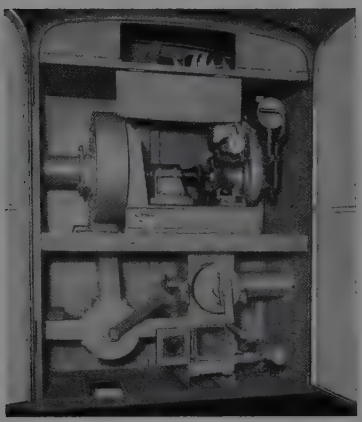


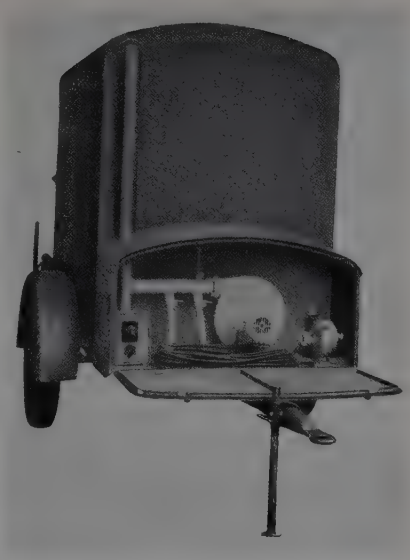
Abb. 333 b: Kreislaufsanlage und Antriebsaggregat. (Werkbild: Degesch)

Es sind ortsfeste und fahrbare Kreislaufkammern konstruiert worden. Die Kreislaufeinrichtungen sind den verschiedenen Kammergrößen angepaßt. Die Kreislaufeinrichtungen bestehen aus

1. dem Gasentwickler,
2. dem gasdichten Gebläse,

3. dem gasdichten Lufterhitzer (für elektrische Beheizung, Dampf oder Heißwasser),
4. dem Vierwegehahn zur Umlenkung des Luftstromes,
5. der gasdichten Rohrleitung,
6. den gasdichten Türen mit Spezialverschluß.

An solche Kreislaufeinrichtungen können leicht mehrere Begasungskammern angeschlossen werden, nur muß dann die Rohrleitung durch gasdichte Schieber unterteilt werden. Die Begasungskammern werden vielfach aus Mauerwerk oder Beton errichtet. Es werden allerdings auch komplette Begasungskammern aus Stahlblech mitsamt der Kreislaufeinrichtung hergestellt. Solche Kammern können im Gegensatz zu den ortsfesten Beton- oder Mauerwerk-Begasungskammern leicht und schnell an einen anderen Platz gesetzt werden.



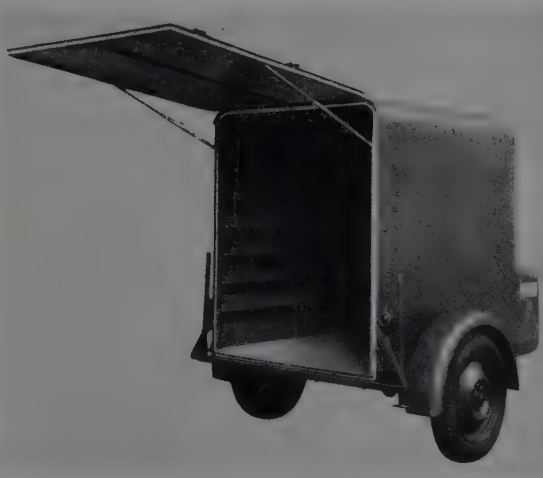


Abb. 334: Fahrbare Begasungskammer, Nutzraum 2 cbm. (Nach Werkbild: Degesch)

Manchmal ist es überhaupt zweckmäßig, über fahrbare Begasungseinrichtungen zu verfügen. Dies gilt besonders für die Behandlung von Baumschulware, Rebensetzlingen, Saatgut usw. Zwei Typen fahrbarer Begasungskammern mit Kreislauf-Einrichtung sind von der Biologischen Bundesanstalt amtlich geprüft und anerkannt, sie seien hier deshalb genannt. Bei der ersten (Abb. 333) handelt es sich um eine 20 cbm-Kammer auf zweiachsigem Anhängergestell, deren Kreislaufeinrichtung von einem Benzinmotor angetrieben wird, bei der zweiten um eine 2 cbm-Kammer auf Einachs-Fahrgestell mit elektrisch angetriebener Kreislaufeinrichtung (Abb. 334 u. 335). Diese Kammer ist so leicht, daß sie von jedem PKW gezogen werden kann. Die Abb. 336 zeigt eine Anordnung einer Begasungsanlage zur

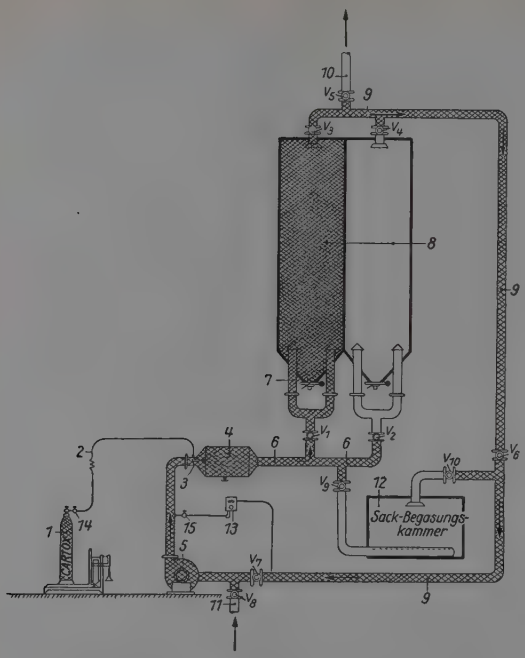


Abb. 335: Begasungsanlage zur Entwesung von Getreide und Futtermitteln. Ventilstellung für Kreislaufbegasung der linken Zelle. (Nach Werkbild: Degesch). 1 = Stahlflasche mit Cartox (auf Dezimalwaage), 2 = Verbindungsrohr, 3 = Einblasedüse, 4 = Ausdehnungsgefäß mit Ablaßstutzen, 5 = Gebläse mit Elektromotor, 6 = Druckleitung, 7 = Eintrittspfeifen, 8 = Begasungszellen, 9 = Saugleitung, 10 = Abgasleitung, 11 = Frischluftansaugleitung, 12 = Sackbegasungskammer, 13 = Kontrollgerät (Konzentrationsmesser), 14 = Spindelventil am Verbindungsrohr, 15 = Regelhahn für Kontrollgerät, V = Ventil

Kornkäferbekämpfung in gefüllten Getreidesilos. Durch die Saugrohrleitung (9) wird die Luft von oben aus der Silozelle abgesaugt und mittels des Gebläses von unten wieder eingedrückt. Aus der Stahlflasche (1) wird dabei das Präparat durch ein kupfernes Verbindungsrohr von mindestens 5 mm lichter Weite und die Düse (3) in das Ausdehnungs-Gefäß (4) hineingeblasen und von dort mit dem Luftstrom durch die Druckleitung (6) in die Zellen geführt. Besondere Gaspfeifen (7) verteilen das Gas gleichmäßig und verhindern das Einfallen von Getreidekörnern. Zur Überwachung des Begasungsvorganges ist ein Meßgerät (13) an die Kreislaufleitung angeschlossen. Es gestattet die Messung der Konzentration des aus der Silozelle abgesaugten Gases, ebenso die Feststellung von Undichtigkeiten der Zelle und der Leitung, sowie falscher Schieberstellung. Jede gasdichte Silozelle eignet sich zur Durchgasung. Zur Durchgasung von Getreidespeichern gibt es auch fahrbare Anlagen, bei denen der Begasungsbehälter aus einzelnen Abschnitten besteht, die je nach Größe des zu desinfizierenden Speichers zu kürzeren oder längeren Kammern zusammengestellt werden. Das Giftgas wird von dem Fahrzeug aus durch Schlauchleitungen zugeführt.

Auch die Vakuumbegasung (31) dient in erster Linie der raschen Verteilung des Gases und damit der Verminderung der Absorption. Sie hat besondere Bedeutung bei der Begasung festgepreßter oder verpackter Waren. Selbst in einer mit Atmosphärendruck arbeitenden Kreislaufkammer ist eine vielstündige Einwirkungszeit erforderlich. Will man die 12- bis 48stündige Einwirkungszeit bei der Begasung festgepackter Waren entscheidend herabsetzen, dann muß man eine Vakuum-Begasung durchführen. Durch stark verminderten Luftdruck erreicht man, daß das Gas sehr viel schneller in das Innere der Ware vordringt. Versuche haben

gezeigt, daß es nicht gleichgültig ist, an welcher Stelle und in welcher Weise das Begasungsmittel in eine mit Ware gefüllte Vakuumkammer eingeblasen wird. Das beste Ergebnis erzielt man, wenn das Gas in möglichst kurzer Frist das ganze Kammerinnere gleichmäßig erfüllt (also keine Inseln hoher Konzentration bildet) und gleichzeitig von allen Seiten in die Ware eindringt. Es ist außerdem erwiesen, daß es notwendig ist, während der ganzen Einwirkungszeit das Vakuum aufrecht zu erhalten. Die Begasung bei aufrecht erhaltenem Vakuum bringt noch einen technischen Vorteil, denn solange in der Anlage Unterdruck herrscht, kann kein Gas nach außen hin entweichen. Die bei einer Atmosphärendruck-Kammer nie ganz auszuschließende Gefahr von Gasverlusten durch nachlässiges Türverschließen wird daher vermieden.

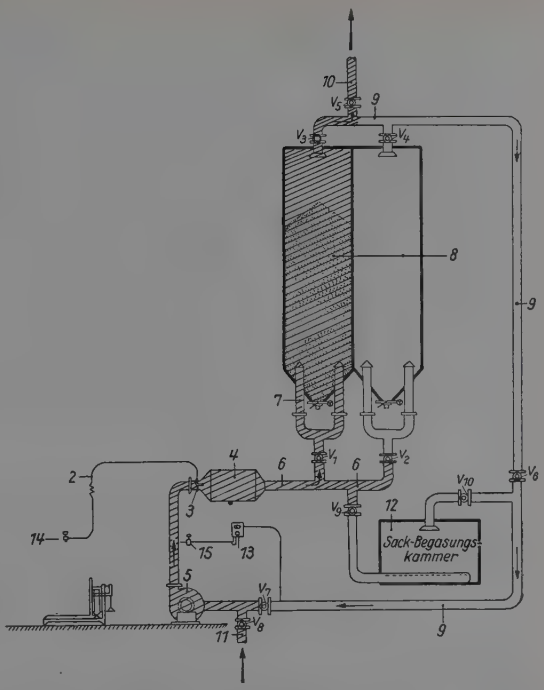


Abb. 336: Begasungsanlage für Getreide und Futtermittel. Ventilstellung für Lüftung der linken Zelle. (Nach Werkbild: Degesch). 1 = Stahlflasche mit Cartox (auf Dezimalwaage), 2 = Verbindungsrohr, 3 = Einblasdüse, 4 = Ausdehnungsgefäß mit Ablaßstutzen, 5 = Gebläse mit Elektromotor, 6 = Druckleitung, 7 = Eintrittspfeifen, 8 = Begasungszellen, 9 = Saugleitung, 10 = Abgasleitung, 11 = Frischluftansaugleitung, 12 = Sackbegasungskammer, 13 = Kontrollgerät (Konzentrationsmesser), 14 = Spindelventil am Verbindungsrohr, 15 = Regelhahn für Kontrollventil, V = Ventil

In Vakuumkammern mit Kreislaufsystem dauert die Begasung gepreßter Waren gegen Vorratsschädlinge nur ein bis drei Stunden, also weniger als ein Zehntel der Zeit, die bei Atmosphärendruck notwendig wäre. Luftumwälzung bei aufrechterhaltenem Vakuum schafft fast augenblickliche Gasverteilung. Die Form der Kammern wird von dem Verwendungszweck bestimmt. Den kreisförmigen Querschnitt (Abb. 337) bevorzugt man, wenn überwiegend Ballen und Säcke zu begasen sind, bei Kisten, Verschlägen usw. empfiehlt sich ein viereckiger Querschnitt der Kammer (Abb. 338). Die Türen an solchen Kammern werden entweder seitlich ausgeschwenkt (Abb. 337), hochgeklappt oder seitlich geschoben (Abb. 338). Die Anzahl der Türen richtet sich danach, ob Be- und Entladung von der gleichen oder von zwei entgegengesetzten Seiten erfolgen soll. Der Schnellverschluß (Abb. 337) an den Türen garantiert völlige Gasdichtigkeit und müheloses Öffnen und Schließen durch einen Bedienungsmann. Das Vakuum wird durch Kolbenpumpen erzeugt. Zur Erreichung

Abb. 337: Vakuum-Kammeranlage mit gasdichten Schnellverschlußtüren. (Nach Werkbild: Degesch)

Abb. 338: Vakuum-Kammeranlage mit viereckigem Querschnitt und seitlich verschiebbaren Türen. (Nach Werkbild: Degesch)

eines 95 %igen Vakuums werden 7—10 Minuten benötigt. Ein von Peters (31) ausgearbeitetes Vakuumverfahren arbeitet nach folgendem Prinzip. Die Begasungskammer (Abb. 339) wird zunächst mittels der Pumpe (P) evakuiert, wobei die austretenden Luftmengen durch (E) ins Freie gelangen. Nach erfolgter Evakuierung läßt man die Pumpe weiterlaufen und die in der Kammer noch befindlichen Luftrestmengen im Kreislauf durch die Leitung (C) umwälzen. Dabei wird es dann mittels eines Drosselventils bei (D) möglich, die aus der Pumpe austretenden Luftmengen so zu verdichten, daß in dem zwischen der Pumpe (P) und dem Drosselventil (D) liegenden Teil der Apparatur ein beliebiger Druck, etwa Atmosphären-

druck, innegehalten wird, während die Kammer selbst unter Unterdruck steht. Man kann nun in diesem unter Atmosphärendruck stehenden Teil des Kreislaufes den Blausäurevergaser einbauen, der aus nichts anderem als einer einfachen Vorrichtung zum beiderseitigen Lochen der Zyklondosen besteht (Abb. 340). Die umgewälzten Luftmengen treten so durch die flüssige Blausäure in aufgesaugter Form (Zyklon) hindurch und bringen sie zum Verdampfen. Bei einer kleinen Einkammeranlage können Kammer, Pumpe, Vergaser und Bedienungsgerät ohne weiteres auf engem Raum zusammengefaßt werden (Abb. 333, 334 u. 335). Bei großen Anlagen werden die Kammern von der eigentlichen Begasungseinrichtung getrennt (Abb. 341 u. 342).

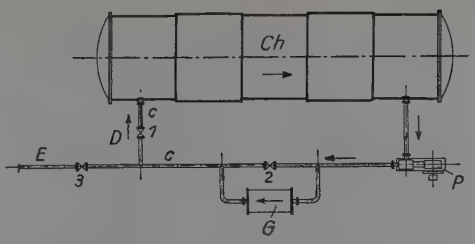


Abb. 339: Schema der Kreislaufanordnung.
Ch = Vakuumkammer, P = Pumpe, G = Giftgasvergaser, c-c = Kreislaufleitung, E = Lüftung, D = Drosselvorrichtung, 1, 2, 3 = Ventile

Die Verdampfung einer Flüssigkeit ist nicht nur von ihrem Siedepunkt und ihrem Dampfdruck, sondern auch von ihrer spezifischen Wärme abhängig. Zu jeder Verdampfung ist Wärme erforderlich (3). Wird keine Wärme zugeführt, wird sie der Umgebung entzogen, die Flüssigkeit selbst wie auch der Raum kühlen sich dabei ab, bis entweder Wärmenachschub erfolgt oder die Verdampfung aufhört. In der Durchgasungspraxis bedeutet das, daß solche Flüssigkeiten, die eine hohe spezifische Wärme besitzen, nicht schnell verdampft werden können. Bei der Konstruktion einer Durchgasungskammer, noch mehr bei der Vakuumkammer, die oftmals zusätzliche Wärme zur Gasentwicklung erfordert, sind diese grundsätzlichen Dinge zu beachten.

Abb. 340: Locher für Zyklondosen (Werkbild: Degesch)

Bei der Vakuumanlage von Peters liefert die unter gewissen Bedingungen in der Vakuumpumpe eintretende Kompressionswärme die zur Blausäureverdampfung erforderlichen Kalorien und ermöglicht die Entgasung der Zyklondose innerhalb von 5—10 Minuten.

Brennbarkeit und Explosivität des Gases spielen im Hinblick auf die Sicherheit des Verfahrens eine große Rolle. Die Explosionsgefahr kann durch Zusatz unbrennbarer Stoffe herabgemindert werden.

Das Imprägnieren (33, 34) spielt im Materialschutz eine große Rolle. Bei diesem Verfahren werden die Chemikalien durch Waschen, Besprengen, Tränken oder Tauchen den gegen Schaderreger zu schützenden Materialien zugeführt. Auf dem Gebiete des Holzschutzes hat die Imprägnierung zur Konstruktion besonderer

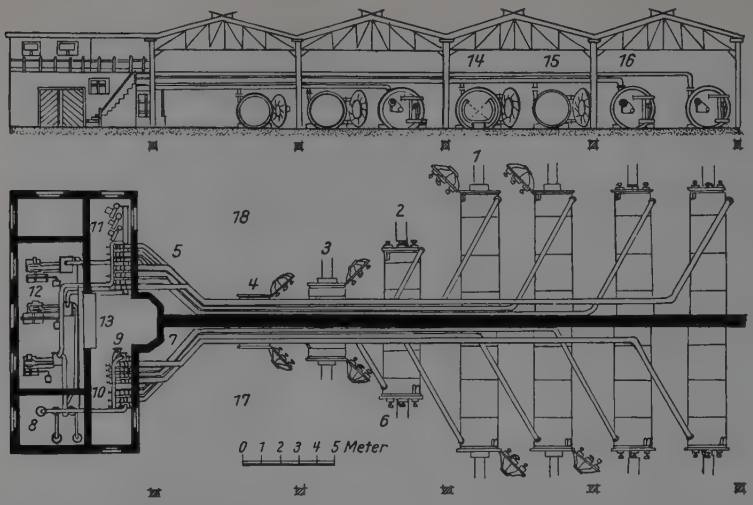


Abb. 341: Große Vakuum-Begasungsanlage. (Nach Werkbild: Degesch). 1 = Vakuumkammer, 50 cbm, 2 = Vakuumkammer, 20 cbm, 3 = Vakuumkammer, 6 cbm, 4 = Vakuumkammer, 2 cbm, 5 = Rohrleitung, 6 = Laufschienen, 7 = Trennwand, 8 = Gasgeneratoren, 9 = Verteiler, 10 = Gasschieber, 11 = Lüftungsventilatoren, 12 = Vakuumpumpen, 13 = Schaltschrank mit Leuchtbild, 14 = Kammer mit Transportwagen, 15 = Kammer geöffnet, 16 = Kammer geschlossen, 17 = reine Seite, 18 = unreine Seite

Geräte, Apparaturen und Anlagen geführt. Peters (34) bezeichnet das von Rüping ausgearbeitete Sparverfahren als „beste Lösung des Problems". Es sei deshalb ausführlicher beschrieben. Die Abb. 343 gibt das schematische Bild einer Rüping-Anlage wieder. Das Verfahren arbeitet wie folgt: Nachdem der Tränkkessel J mit Holz beschickt und verschlossen und das Imprägnieröl in dem Vorwärmer T auf die vorgeschriebene Temperatur (105—110° C) gebracht ist, werden die Ventile V, V_3 und V_4 geöffnet, während V_1, V_2 und V_5 geschlossen sind. Nunmehr wird mit Hilfe der Luftpumpe K gleichzeitig in den beiden Kesseln T und J Luftdruck erzeugt von einer Höhe, die sich nach Art und Beschaffenheit des Holzes richtet, beispielsweise 4 atü. Nachdem dieser Luftdruck solange auf das Holz eingewirkt hat, bis die Zellhohlräume der durchtränkbaren Holzteile mit Preßluft von 4 atü Spannung angefüllt worden sind — längstens 15 Minuten —, wird das Ventil V geschlossen und die Ventile V_1 und V_2 werden geöffnet. Bei dieser Ventilstellung wird das Imprägnieröl aus dem Vorwärmer T in den Kessel J fließen und die ursprünglich in diesem vorhandene Preßluft in entsprechendem Maße nach T überströmen. In diesem Stadium des Tränkungsvorganges ist also das Holz zwar völlig vom Imprägnieröl umgeben, jedoch verhindert die im Holz befindliche Preßluft zunächst noch das Eindringen größerer Ölmengen in das Holz. Sobald der Kessel J vollständig mit Imprägnieröl gefüllt ist, werden die Ventile V_1, V_2 und V_3 geschlossen und Ventil V_5 geöffnet. Mittels der Druckpumpe P wird sodann aus dem Meßgefäß M weiteres Öl angesaugt und in den Tränkkessel J befördert, bis in demselben ein Flüssigkeitsdruck entsteht, dessen Höhe sich ebenfalls nach der Art und Beschaffenheit des Holzes richtet, beispielsweise 8 atü. Unter der Einwirkung dieses Druckes dringt das

Imprägnierölmittel in das Holz ein, indem es gleichzeitig die in den Zellhohlräumen befindliche Druckluft weiter zusammenpreßt, so daß das Öl die Holzzellen durchdringen kann. Der Druck muß während einer je nach Holzart und -beschaffenheit verschieden zu bemessenden Mindestdauer auf das Holz einwirken, um die Durchtränkung aller schutzbedürftigen Holzzonen sicherzustellen. Nach Beendigung der Öldruckperiode wird das Öl mit Hilfe von Preßluft oder Vakuum wieder aus dem Tränkkessel nach dem Vorwärmer befördert, aus welchem die Druckluft in der Zwischenzeit abgelassen worden ist. Nach Entfernung des Öles aus dem Imprägnierkessel wird in diesem ein möglichst hohes Vakuum erzeugt. Das aus dem Tränkkessel abgesaugte heiße Gemisch von Luft, Öl- und Wasserdampf muß hierbei einen in der Abb. 273 nicht dargestellten Kondensator passieren, in welchem es abgekühlt wird und Öl- sowie Wasserdampf zurückgehalten werden. Nachdem das Vakuum eine gewisse Zeit unterhalten worden ist, wird der Kessel wieder belüftet. Das während der Vakuumperiode aus dem Holz ausgetretene Öl wird nunmehr ebenfalls aus dem Tränkkessel entfernt, der Deckel desselben geöffnet und das imprägnierte Holz hinausgefahren (Abb. 344).

Abb. 342: Schaltschrank, in dem sämtliche Meßinstrumente und Registrierapparate vereinigt sind. (Nach Werkbild: Degesch)

Der Tränkkessel wird aus etwa 15 bis 20 mm starken Eisenblechen hergestellt, Länge und Durchmesser richten sich nach der geforderten Leistung und den Abmessungen der zu tränkenden Hölzer. Die Länge der Kessel schwankt in den deutschen Werken im allgemeinen zwischen 13 und 25 m, der Durchmesser zwischen

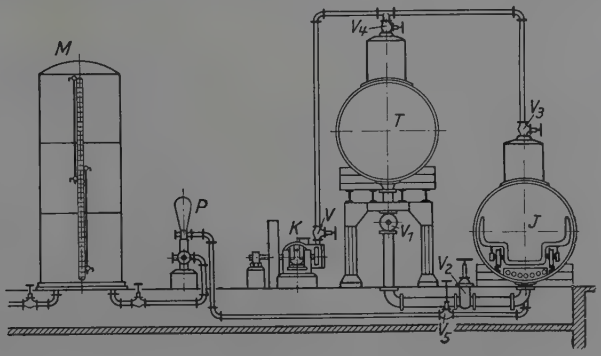


Abb. 343: Schematisches Bild einer Rüping-Anlage. (Nach Peters, 1950)

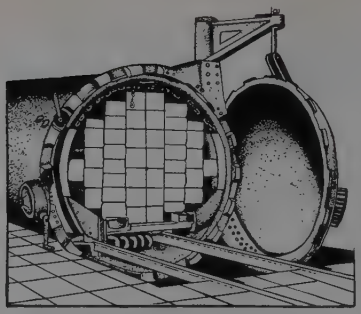


Abb. 344: Tränkkessel-Schnellverschluß. (Nach Werkbild: Scholz)

1,80 und 2,25 m. Er besitzt ein Gleis, welches das Ein- und Ausfahren der mit Holz beladenen Wagen gestattet.

Jeder Imprägnierkessel muß mit den notwendigen Anschlußstutzen für die Rohrleitungen, einer seiner Größe entsprechenden Dampfheizvorrichtung, einem Flüssigkeitsstandanzeiger und den notwendigen Meßapparaten für Druck, Vakuum und Temperatur ausgerüstet sein.

Die neuere Entwicklung der Tränkverfahren für Stangen und Leitungsmaste, welche bei manchen Verfahren z. B. für den unteren Teil dieser Hölzer eine wirkungsvollere Behandlungsart vorsieht als für den oberen, hat zur Konstruktion von schwenkbaren druckfesten Tränkkesseln Anlaß gegeben, welche sowohl in horizontaler als auch in vertikaler Lage benutzt werden können.

Der Vorwärmer für die Imprägnierflüssigkeit ist ein druckfester, liegender Kessel, dessen Größe so gewählt sein muß, daß der Tränkkessel auch bei ungünstiger Ausnutzung, d. h. bei geringer Holzbeschickung, vollständig mit der Imprägnierflüssigkeit gefüllt werden kann. Jeder Vorwärmer muß eine Dampfheizungsvorrichtung, Flüssigkeitsstandanzeiger und die erforderlichen Meßinstrumente für Druck, Vakuum und Temperatur besitzen. Seine Wandungen müssen stark genug sein, um die Erzeugung von mindestens 4 atü Luftdruck bzw. von 70 cm Vakuum zu gestatten.

Das Meßgefäß ist ein stehender zylindrischer Kessel, dessen Größe ebenfalls von den Abmessungen des Tränkkessels bzw. der Leistungsfähigkeit der Anlage abhängt. Wie schon der Name besagt, dient dieses Gefäß zur Feststellung der Flüssigkeitsmenge, welche nach dem Füllen des Imprägnierkessels mit der Flüssigkeitspumpe in den Tränkkessel gepreßt wird. Den Flüssigkeitsdruck in letzterem kann man auch in der Weise herstellen, daß man in dem Meßgefäß Druckluft auf die Flüssigkeitsoberfläche wirken läßt. In diesem Fall muß der Kessel natürlich als Druckgefäß ausgebildet sein. Auch das Meßgefäß muß mit den notwendigen Meßvorrichtungen für Druck, Vakuum und Temperatur ausgerüstet sein und außerdem einen Flüssigkeitsstandanzeiger mit einer Meßskala besitzen.

Die Druckluftbehälter sind Kessel von genügender Wandstärke, um mit Druckluft von beispielsweise 8—10 atü gefüllt zu werden. Die Verwendung solcher Sammler hat den Vorteil, daß man nicht für jede einzelne Tränkung die Druckluft mit Hilfe des Kompressors zu erzeugen braucht, sondern hierzu die aufgespeicherte Druckluft verwenden kann, wodurch bedeutend an Zeit gespart wird.

Der Kondensator dient zum Niederschlagen der Öl- und Wasserdämpfe, welche aus dem Holz während der Herstellung und Unterhaltung des Unterdruckes im Tränkkessel durch die Vakuumpumpe abgesaugt werden, und zur Kühlung der mit erhöhter Temperatur aus dem Tränkkessel abgesaugten Luft. Die Größe des Kondensators richtet sich ebenfalls nach der Leistungsfähigkeit und den Abmessungen der Apparatur.

Der Luftkompressor kann ein- oder mehrstufig, für direkten Dampf-, Motor- oder Transmissionsantrieb vorgesehen sein.

Eine besondere Vakuumpumpe ist nicht unbedingt erforderlich, da meistens die Luftkompressoren auch als Vakuumpumpen zu verwenden sind. Bei größeren Anlagen wird jedoch stets eine Vakuumpumpe eingebaut.

Die Flüssigkeitspumpe kann ein- oder mehrzylindrig sein. Ihre Leistungsfähigkeit richtet sich nach der Größe des Tränkkessels.

Die Meßapparate für Druck, Vakuum und Temperatur sind zum Teil als Schreibapparate ausgebildet, welche den gesamten Tränkungsvorgang sowohl hinsichtlich der Dauer der einzelnen Phasen des Tränkverfahrens, der Höhe des angewendeten Drukkes und Vakuums, als auch der angewendeten Erhitzung der Tränkflüssigkeit in Gestalt von Diagrammen aufzeichnen. Man kann dadurch jederzeit nachprüfen, ob bei Ausführung der Tränkung entsprechend den gegebenen Vorschriften verfahren worden ist.

Abb. 346: Köderauslegegerät für Kanalisationen. (Werkbild: Hygiene Chemie)

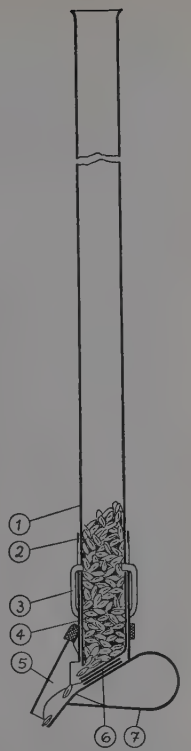


Abb. 345: Auslegerohr für Giftgetreide. (Werkbild: Holder)

1 und 2 = zusammensteckbares Röhrchen, 3 = Halterungsbügel, 4 = Giftgetreide, 5 = Auslaufrinne, 6 = Dosierungsscheiben, 7 = Fuß

Andere Sparträkverfahren haben nicht die praktische Bedeutung vorgenannten Verfahrens erlangt. Von Peters (34) werden noch folgende Verfahren beschrieben:

1. Das Verfahren des D.R.P. 211 042/1907 der Fa. Hülsberg & Cie., Charlottenburg.
2. Das Verfahren des D.R.P. 212 911/1904 (sogenanntes Northeimer-Verfahren) ders. Firma.
3. Das Verfahren des D.R.P. 282 777/1912 der Rüttgerswerke, Aktiengesellschaft, Berlin.
4. Das Verfahren des D.R.P. 347 349/1913 der Firma Hülsberg & Cie. Charlottenburg.
5. Die Verfahren der D.R.P. 345 704/1914 nebst Zusätzen (34 763) 1914 und 347 632/1915 der Fa. Ostpreußische Imprägnierungswerke G.m.b.H. Berlin.
6. Die Verfahren der D.R.P. 15 401/1903, 174 678/1902 und 182 408/1903 (Zusatz zu 177 678) von D. Heise, Berlin.

7. Das Sparträнkverfahren des D.R.P. 186 530/1905 der Firma Guido Rütgers, Kommanditgesellschaft, Wien und

8. Das Tränkverfahren von C. Polysu, Bukarest.

Im Rahmen dieses Handbuches ist lediglich Nennung dieser Verfahren, nicht ihre ausführliche Behandlung möglich.

Zur Erleichterung des Auslegens sind für eine Reihe von Pflanzenschutzmitteln besondere Legegeräte (41) geschaffen worden. Schon seit langem gebraucht man zum Auslegen von Giftgetreide zur Nagetierbekämpfung Giftlegeröhren (Legeflinten). Abb. 345 zeigt ein solches Gerät im Schnitt. Nach dem Füllen der Legeröhre wird zum Auslegen der Körner die Röhre mit dem Fuß (7) auf den Boden aufgesetzt, und zwar so, daß die Auslaufrinne (5) sich über dem Mauseloch befindet. Durch Niederdrücken des Legerohres (1) wird eine bestimmte Menge Giftkörner freigegeben, die durch die Auslaufrinne (5) in das Mauseloch fallen. Soll die Auswurfmenge vergrößert oder verkleinert werden, wird zunächst der Bügel (3) durch Auseinanderspreizen entfernt, so daß die Röhren 1 und 2 auseinandergenommen werden können. Die Auswurfmenge kann dann durch Hinzufügen von Scheiben verkleinert und durch Wegnahme vergrößert werden.

Zur Rattenbekämpfung ist ein Giftschaumgerät entwickelt worden. Bei diesem Verfahren wird der in Wasser gelöste oder suspendierte Giftstoff unter Zusatz eines Schaumbildners mit Hilfe von Preßluftflaschen unter hohem Überdruck aus einem rückentragbaren Spritzgerät am Bekämpfungsort ausgebracht. Man legt entweder schmale Schaumstreifen um den Befallsort oder man spritzt den Schaum in die Rattenlöcher. Das Schaumstreifen-Verfahren ist unsicherer, da die Ratten den schmalen Schaumstreifen überspringen oder unterwühlen können. Einspritzen des Rattenschaumes in die Rattenlöcher ist relativ erfolgssicher. Die Wirkung kommt in der gleichen Weise wie beim Rattenstreupulver zustande: Es bleiben kleine Schaumteilchen an den Pfoten und an dem Fell der Ratte haften und vergiften sie, wenn sie sich putzt.

Bei Rattenbekämpfungsmaßnahmen in Kanalisationen wirkt sich der Zeitverlust störend aus, der dadurch auftritt, daß die mit der Bekämpfung beauftragten Arbeiter in die oft recht tiefen Kanalschächte hinuntersteigen müssen, um die Köder auf die Podeste legen zu können. Um ihre Auslegung (41) bequemer zu gestalten, wurde ein Auslegegerät für Kanalisationen entwickelt. Wie die Abb. 346 zeigt, ist der zum Einlegen des Köders bestimmte Behälter in einer Gabel drehbar gelagert. An seinem Boden ist eine Öse zum Anbringen einer Schnur befestigt. Das Legegerät wird mit einer entsprechend langen Stange über die Auslegestelle gebracht und durch Zug an der Schnur der Behälter gekippt, so daß der Köder an der Stelle, wo er zweckmäßigerweise liegen soll, herausfällt.

1. Back, E. A., R. T. Cotton, H. D. Young & J. H. Cox: The use of ethylene oxide-carbon dioxide mixture for treating stored grain. U.S. Dept. Agr. Bur. Ent., *10*, 1930. — 2. Back, E. A., & R. T. Cotton: Effect of fumigation upon heating of grain caused by insects. J. Agr. Res., *28*, 1924, 1103—1116. — 3. Blodgett, F. E.: The problem of temperature in grain fumigation. Grain, 12—17, 1940.

4. Cotton, R. I.: Insect pests of stored and grain products. Mineapolis, 1950. — 5. Cotton, R. T., & R. C. Roark: Ethylene dichloridecarbon tetrachloride mixture, a new

non-burnable, nonexplosive fumigant. J. Econ. Ent., *20*, 1927, 636—639. — 6. COTTON, R. T., & R. C. ROARK: Ethylene oxide as a fumigant. Indus. and Eng. Chem., *20*, 1928, 805—807. — 7. COTTON, R. T., G. B. WAGNER & H. D. YOUNG: Heavierthan-air fumigants and their relation to methods of fumigations for insect control. The National Grain Journal Vol. XXI, 1937, 10—12. — 8. COTTON, R. T., & H. D. YOUNG: The use of carbon dioxide to increase the insecticidal efficacy of fumigants. Ent. Soc. Wash. Proc., *31*, 1929, 97—102.

9. DEAN, GEO. A., & G. SCHENK: The control of stored grain an flour mill insects. Trans. IV International Congress Entomology, Ithaca, Aug. 1928, Vol. *II*, 1929, 203—228. — 10. DENDY, A., & H. D. ELKINGTON: Report on the effect of air-tight storage upon grain insects. Part II, Repts. Grain Pests (War) Comm. Royal Society, *6*, 1920, 51. — 11. DEGESCH: Begasungskammern für die Schädlingsbekämpfung. 1955, 301 S. — 12. DEGESCH: Phostoxin gegen Vorratsschädlinge. 20 S.

13. FISK, F. W., & H. H. SHEPARD: Laboratory studies of methyl bromide as an insect fumigant. J. Econ. Ent., *31*, 1938, 79—84. — 14. FLINT, W. P.: Calcium cyanide for chinch bug control. Jour. Econ., *16*, 1923, 328. — 15. FLURY, F., & W. HEUBNER: Über Wirkung und Entgiftung eingeatmeter Blausäure. Bio.-Chem. Z., *95*, 1919, 249—256. — 16. DE FRANCOLINI, J.: L'emploi du bromure de methyle pour la traitement graines de semence. Revue Path. Veg. et Ent. Ag. *22*, 3—12, 1935.

18. GAUDSCHAU, M. D.: Wühlmausbekämpfung mit Auspuffgasen von Benzinmotoren. Anz. f. Schädlingskde., *24*, 1956, 70—73.

20. HOUGH, W. S., & A. F. MASON: Spraying, Dusting and Fumigating, 1951, 726 S.

21. JONES, R. M.: Reducing inflammability of fumigants with carbon dioxide. Indus. and Eng. Chem., *25*, 1933, 394—401.

22. LEACH, B. R., & W. E. FLEMING: J. econ. Entom., *18*, 1925, 362. — 23. LEPIGRE, A.: Contribution à l'étude de la desinsectisation des grains par la mélange d'oxyde d'éthyléne et dacide carbonique notes sur le bromure de méthyle. Bul. Soc. Enc. Ind. Nat., *135*, 1936, 385—462. — 24. LINDGREN, D. L.: The respiration of insects in relation to the heating and the fumigation of grain. Univ. Minn. Agr. Expt. Sta. Tech. Bull., *109*, 1935, 32. — 25. LOUNSBURY, C. P.: Cyanide gas remedy for scale insects (supplementary notes) Office of Govt. Entomologist, Dept. of Agr. Cape of Good Hope, *2*, 1905.

26. MACKIE, D. B.: Methyl bromide — its expectancy as a fumigant. J. Econ. Ent., *31* (1), 1938, 70—79. — 27. METZGER, F. J.: Calcium cyanide "powered hydrocyanic acid: a new product of manufacture". J. Indus. and Eng. Chem., *18*, 1926, 161. — 28. MUNDINGER, F. G.: Experiments with calcium cyanide as an insecticide. Proc. 69th Annual Meeting, N. Y. State Hort. Soc. 1924.

29. PETERS, G.: Blausäure zur Schädlingsbekämpfung. Sammlung chemischer Vorträge. Neue Folge, *20*, 1933, 75. — 30. PETERS, G.: Citrus Tree Fumigation, 1934. — 31. PETERS, G.: Ein neues Verfahren zur Vakuumentwesung mit giftigen Gasen. Anz. f. Schädlingskde., *12*, 82—88, 1936. — 32. PETERS, G.: Durchgasung von Eisenbahnwagen mit Blausäure. Anz. für Schädlingskde., *13*, 35—41, 1937. — 33. PETERS, G.: Begasungsanlagen. Ztschr. f. hyg. Zoologie und Schädlingsbekämpfung, *30*, 1938, 178—187. — 34. PETERS, F.: „Die Schutzbehandlung des Holzes", im Handbuch der Holzkonservierung, 1950, 178—374.

35. QUAYLE, H. G.: Calcium cyanide dust as an insecticide. J. Econ. Ent., *16*, 1923, 327—328. — 36. QUAYLE, H. J.: Fumigation with Calcium Cyanide Dust. Hilgardia Calif. agric. exp. Stat., *3*, 207—232, 1928.

37. RAUSCHER, H.: Gasverfahren zur Schädlingsbekämpfung. Schädlingsbekämpfung 1—8, 1952. — 38. RUMP, L.: Zur Frage der Engerlingsbekämpfung in stehenden Kulturen. Höfchen-Briefe, 242—252, 1955.

39. SAUNDERS, G. E.: Gopher control by means of calcium cyanide. Agr. Gaz. of Canada, *8*, 1921, 628. — 40. SAYERS, R. R.: Physiological response attending exposure to vapors of methyl bromide, methyl chloride, ethyl bromide, ethyl chloride. U.S. Pub. Health Service Dept., 1929, 185. — 41. STEINIGER, F.: Rattenbiologie und Rattenbekämpfung (Stuttgart). 149 S., 1952. — 42. SIMMONS, P., & G. W. ELLINGTON: The discovery of the insecticidal property of carbon disulphide. Sci., *64*, 1926, 326—327. — 43. SCHENK, G.: Cyanogas Calcium Cyanide for the Control of Insects Infesting Grain in Storage Bins. Am. Cyanamid Co., Sec. 3, 1926, 37—69.

44. Trappmann, W., & H. Zeumer: Kleiner Ratgeber über Pflanzenschutzmittel. Arb. der DLG 1954, 100 S.

45. Van Den Bruel, W. E., & D. Bollaerts: La fumigation à l'hydrogène phosphore, une technique nouvelle trouvant un large champ d'application. Parasitica, *XII*, 1956, 32—56.

46. Waite, C. P., F. A. Patty & W. P. Yant: Acute response of guinea pigs to vapors of some new commercial organic compounds IV. Ethylene oxide. Pub. Health Rpts. (U.S.) *45*, (32), 1930, 1832—1843. — 47. Walker, W. J. G., & C. E. Greeson: The toxicity of ethylene oxyde. J. Hyg. (London) *32* (3), 1932, 409—416. — 48. Webster, R. L.: Fumigation with hydrogen cyanide for control of pear psylla. New York State Agric. Exp. Geneva, Bull. 523, 1924. — 49. Woglum, R. S.: The history of hydrolyamic acid fumigation as an index to progress in economic entomology. J. Econ. Entom., *16*, 518—521, 1923.

50. Young, H. D.: The generation of hydrocyanic acid gas in fumigation by portable machines. Univ. California. Berkely, Circ., 1916, 139. — 51. Yust, R.: Nylon tents for fumigation of Citrus. Repr. from California. Citrograph, July 1948.

52. Zillig, H.: Streugeräte. In Sorauers Handb. d. Pflanzenkrankh. VI/2, 233, 1941.

53. U.S. Public Health Service, Preliminary recommendations to fumigators using methyl bromide as a fumigant. U.S. Pub. Health Service, Nat. Inst. of Health, Div. of Ind. Hygiene. Mimeograph Leaflet dated May 16, 1938.

E. Drücken, Einsammeln, Fangen, Fernhalten und andere mechanische, optische und akustische Bekämpfungsarten

In den Abschnitten E. und F. wird eine kurze Übersicht über die physikalischen Bekämpfungsarten gegeben, und zwar insoweit dafür technische Maßnahmen oder Mittel erforderlich sind (2, 6, 11, 23, 24)*). Einen allgemeinen Überblick mehr nach biologischen Gesichtspunkten findet man im 1. Halbband dieses VI. Bandes (1. Aufl.) des „Handbuches der Pflanzenkrankheiten" im Kapitel „Die Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten und -schädlinge".

Die ältesten physikalischen Bekämpfungsmaßnahmen sind mechanischer Art. Zerdrücken oder Zertreten waren die primitivsten Verfahren.

Auch Abbürsten und Abkratzen beruhen auf Druckwirkung.

Nennenswerte technische Vorrichtungen werden erst bei umfangreicheren Druckmaßnahmen angewendet, so beim Walzen, soweit nicht der Walzeffekt durch Vieheintrieb bewirkt wird, oder beim Sprengen und Abschießen. Beim Walzen werden neben den vom Straßenbau her bekannten Stahlwalzen auch Ruteneggen — sparriges, zwischen zwei Querbalken gehaltenes und mit einer Egge belastetes Astwerk — oder nach Art der Straßenkehrmaschinen fahrbare Insektenbürsten eingesetzt.

Sprengladungen werden — oft zusammengekoppelt mit Behältern, die Schwefelkohlenstoff enthalten — zur Vernichtung von Hamster- und Termitenbauten verwendet.

*) Diese Übersicht über die technischen Mittel bei den physikalischen Schädlingsbekämpfungsmaßnahmen ist neben der angeführten Literatur aus den bei der Biologischen Bundesanstalt Braunschweig vorhandenen Aktenunterlagen (Schriftwechsel, Sitzungsberichte, Vorträge) und zu einem Teil nach den Ausführungen von Trappmann im Kapitel „Die Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten und -schädlinge" im „Handbuch der Pflanzenkrankheiten", Erster Halbband, Ausgabe 1939 S. 283—332 zusammengestellt.

Der Abschuß ist zur Bekämpfung der Spatzen, Krähen und sonstigen Schadvögeln das beste Abwehrmittel. Es gibt heute zu diesem Zwecke Luftgewehre mit hohem Wirkungsgrad. Eine verbesserte Wirkung wird beispielsweise bei einem Explosions-Luftdruckgewehr durch eine sinnvolle Einrichtung erzielt, bei der leicht verdampfbare Gase in den Kompressionsraum gepumpt werden und dort ein zündfähiges Gemisch ergeben, das durch die Kompression zur Explosion gebracht wird. Dabei werden wesentlich höhere Drücke als beim normalen Luftgewehr erzielt.

Der Abschuß kann auch automatisch durch Verwendung geeigneter Selbstschußapparate ausgelöst werden. In Deutschland verwendet man derartige Vorrichtungen gegen Wühlmäuse und Maulwürfe. Die Apparate werden in die befahrenen geöffneten Gänge nach beiden Richtungen gesetzt, so daß sie sich, wenn die Wühlmaus vorstößt, mit Hilfe von Selbstauslösevorrichtungen, die Pulver durch ein Zündhütchen entzünden, entladen und die Wühlmaus sofort töten.

Als Druckmaßnahmen wirken sehr viele Fallen. Die Fallen stellen eine Mechanisierung des Einsammelns dar.

Unter Maßnahmen des Einsammelns und Fangens lassen sich die verschiedenartigsten Bekämpfungsmethoden zusammenfassen, die von der einfachsten Art des Absuchens und Kescherns bis zum komplizierten Sammel- und Saatreinigungsverfahren im Pflanzenschutz angewendet werden. Einfache technische Mittel werden hier in Gestalt von Baumscheren, Raupenscheren, Harken, z. B. beim Ausschneiden befallener oder erkrankter Blüten, Blätter, Triebe und Früchte, beim Ausschneiden von Raupennestern, beim Ausraufen einzelner erkrankter Pflanzen aus größeren Beständen, ebenso wie bei der Vernichtung völlig verseuchter Kulturen durch Umbruch, bei der Beseitigung einzelner tiefwurzelnder Unkräuter (z. B.

Abb. 347: Große Obstsortieranlage. (Aufnahme: OVA, Jork)

Distel mittels Distelstecher) wie auch bei jedem mechanischen Unkrautjäten selbst, u. ä. eingesetzt.

Das Einsammeln von Insekten — soweit es noch in kleinerem Ausmaße angewendet wird — wird erleichtert durch Verwendung von Fangschirmen und Fangtrichtern, von Fangtüchern und Planen, in die die Schädlinge durch Abschütteln oder Abklopfen hineinfallen.

Als Verfahren des Einsammelns sind schließlich alle die Maßnahmen anzusehen, die eine mechanische Auslese aller kranken Teile aus Pflanz- und Saatgut bei Früchten, Knollen und sonstigen Erntegut ermöglichen. Saatgut und Pflanzgut aller Art werden vor ihrer Verwendung verlesen. Besonders für den Obstbau stehen ausgezeichnete technische Einrichtungen zur Verfügung, einfache Verlesebänder bis zu großen Sortieranlagen, die neben den Verlesebändern gleichzeitig noch Qualitätssortierbänder, Größensortier- und Packeinrichtungen besitzen (Abb. 347). Getreide wird auf Spezialtischen ausgelesen oder die Verunreinigungen werden mit Sieben von bestimmter Maschenweite entfernt. Weitere Reinigungsverfahren für Getreide beruhen auf der Beachtung des unterschiedlichen spezifischen Gewichtes zwischen gesundem Getreide und befallenem Getreide und Verunreinigungen. Saatgutbereitungsmaschinen nutzen die verschiedenen Möglichkeiten einzeln oder gemeinsam aus. So wird beispielsweise das Getreide in einer großen Reinigungsanlage nach dem Einschütten vielfach pneumatisch hochgefördert und auf diesem Wege bereits von Staub und anderen Beimengungen befreit. Das so vorgereinigte Getreide wird nun durch verschiedene Siebe weiterverarbeitet. Ein Grobsieb scheidet gröbere Beimengungen und ein oder mehrere Hauptsiebe — vielfach mit automatischer Siebreinhaltung — scheiden die schwachen Körner aus. Schließlich sichtet eine Windfege mit Druckwind oder noch besser ein Saugwindsichter Korn für Korn nach Schwere und Keimkraft aus. Dann wird noch mit Unkrautauslesezylindern Unkrautsamen

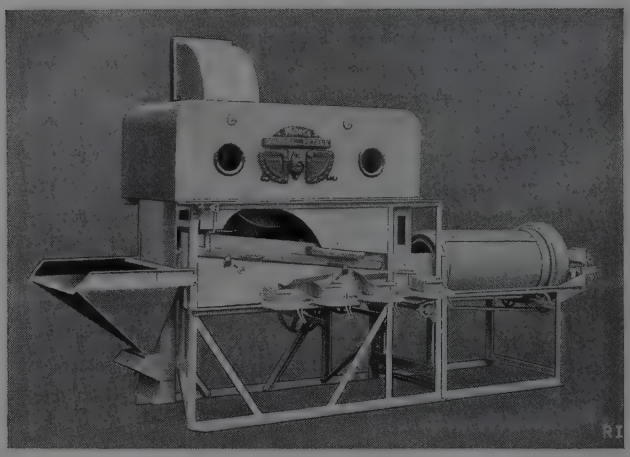


Abb. 348: Saatgutreinigungsanlage. (Werkbild: Röber)

und Bruchkorn aus dem Gut ausgelesen (Abb. 348). (Über das Beizen des Saatgutes wird im Abschnitt „Beizen und Saatgutbehandeln" berichtet.)

Beim Fang wird entweder das Einsammeln durch zweckmäßige Vorrichtungen erleichtert und wirtschaftlicher gestaltet, oder gewisse Lebensgewohnheiten der Tiere (Schutzbedürfnis, Wander-, Licht-, Farb-, Brut- und Nahrungstrieb) werden ausgenutzt.

Die einfachsten Fangapparate sind die als „Kescher" bezeichneten Netze. Sie werden von Hand bedient. Ein aus starkem verzinktem Eisendraht bestehender Bügel hat zweckmäßig einen Durchmesser von etwa 30 cm, der aus fester Rohleinwand oder Gaze gefertigte Sack eine Länge von durchschnittlich 50 cm. Zur Feststellung des Erstauftretens bestimmter Schädlinge ist eine bestimmte Zahl von Einzelzügen erforderlich. Je größer diese Zahl, um so genauer das Ergebnis. Man muß sich in jedem Falle der Mängel bewußt sein, die der Methode anhaften.

Größere Fangnetze zum Zwecke der Schädlingsbekämpfung, die oft mit Teer, Fliegen- oder Raupenleim oder sonstigen Klebstoffen zur Erhöhung der Fangwirkung bestrichen waren, sind durch die chemischen Bekämpfungsmittel überholt. Fangapparate, die auch vielfach Leimflächen führen und über das Feld getragen oder gefahren werden, werden noch immer angeboten. Trotz guter technischer Vorrichtungen — Schüttelkörper, die der Krauthöhe entsprechend eingestellt werden können, ohne Krautschäden zu verursachen, Auffang- und Leitorgane, die auf jede beliebige Reihenweite einzustellen sind — sind diese Fangverfahren den hochentwickelten chemischen Bekämpfungsmethoden unterlegen.

Mit Leim bestrichene Fangflächen, die an bestimmten Stellen als Tafeln oder als Kästen mit mehreren Leimflächen aufgestellt werden, dienen nicht der direkten Bekämpfung der Schädlinge, sondern stellen ein Verfahren dar, das den Zuflug bzw. die Zuwanderung der Schädlinge aufzeigt und damit die Festlegung eines günstigen Bekämpfungstermins ermöglicht.

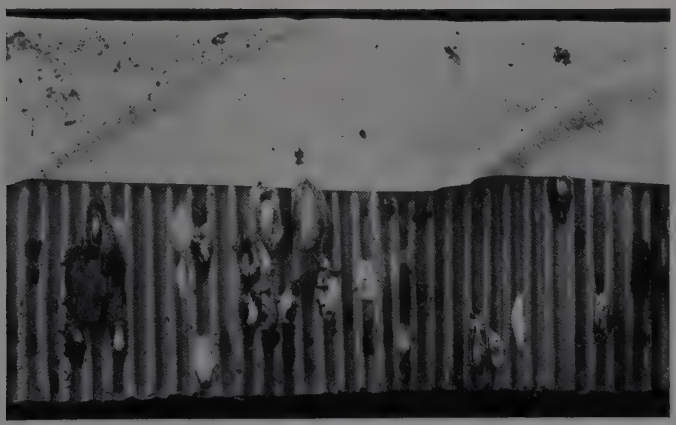


Abb. 349: Abgenommener und auf der Innenseite mit Obstmaden besetzter Fanggürtel

Die Raupen-, Insekten- und Käferfanggürtel, entweder einfache Strohseile, oft von stärkerem Papier bedeckt, alte Lappen, Wellpappe oder aber käufliche, aus gut geleimtem oder geöltem starkem Papier oder Wellpappe bestehende Gürtel, die mit Draht oder einer Schnur um die Baumstämme gebunden werden, gehören zu den Fangmaßnahmen, die Lebensgewohnheiten der Tiere ausnutzen, in diesem Fall das Schutzbedürfnis, also das Bestreben der Tiere, Orte aufzusuchen, an denen sie vor ungünstigen Witterungsverhältnissen, insbesondere während der Wintermonate, Schutz finden (Abb. 349). Diese Fallen müssen mit ihrem unteren Rande an dem Baumstamm gar nicht oder so locker anliegen, daß sie den heraufkriechenden oder -laufenden Tieren das Unterschlüpfen ermöglichen und am oberen Rande so fest anliegen, daß ein Verlassen des Gürtels zur Baumkrone hin nicht möglich ist (4, 5, 8, 19).

Der Wandertrieb kann zum Fang dann ausgenutzt werden, wenn der Schädling größere Strecken laufend oder kriechend zurücklegt. In einfachster Form wird der Fang in der Art durchgeführt, daß Ton- oder Glastöpfe oder Blechdosen bis zum oberen Rand in den Erdboden eingelassen werden, so daß die Tiere bei ihren Wanderungen in diese hineinfallen. Für umfassendere Maßnahmen werden Fanglöcher, Fanggruben oder Fanggräben ausgehoben. Mit Fanggräben lassen sich auch Befallsherde einschließen, um eine weitere Ausbreitung zu verhindern und die weiterwandernden Tiere abzufangen. Die Gräben werden mit einem Spezialpflug ausgeworfen. Fanggräben dürfen nicht normale Pflugfurchen sein. Sie müssen eine genügende Breite (etwa 20 cm) und eine ausreichende Tiefe (ungefähr 30 cm) und senkrechte Wände haben, um ein Entweichen der Tiere zu verhindern (21).

Eine einfache Falle ist auf dem sorgfältigen Studium über das Farbsehen der Blattlaus aufgebaut. Es ist eine Blechschale von 22 cm Durchmesser, deren Boden gelb gestrichen ist. Die Schale ist mit Wasser oder einer 4 %igen Formaldehydlösung beschickt. Durch die gelbe Farbe werden die über die Schale hinwegfliegenden Läuse veranlaßt zu landen. Im Gegensatz zu den meisten anderen Insekten vermögen sie nicht mehr, sich aus der Flüssigkeit zu erheben. Die Falle eignet sich zur Ermittlung von Zeitpunkt und Höhe des Blattlausfluges (15).

Auch den Lichttrieb nutzte man zur Schädlingsbekämpfung. Dieser vielen Insekten eigene Trieb, bei Dunkelheit Lichtquellen zuzustreben, führte zur Konstruktion von Fanglampen und Lichtfallen. Neben der Lichtquelle mußten die Fanglaternen auch mit Vorrichtungen zum eigentlichen Fang oder zur Abtötung der angelockten Insekten versehen sein. Hierzu wurden mit Leim bestrichene Drähte, Drahtnetze oder Glasfenster, mit elektrischem Strom geladene Drähte oder unter der Lichtquelle angebrachte Behälter verwendet, die mit Wasser, Petroleum usw. gefüllt waren. Auch Leimringen versuchte man leuchtende Eigenschaften zu geben. Das Fanglampenverfahren ist heute für die Praxis bedeutungslos geworden. Künstliche Lichtquellen mußten naturgemäß am Tage und in mondhellen Nächten versagen. Die notwendige dauernde Kontrolle zu den Zeiten, wo Laternen verwendet werden konnten, war umständlich und kostspielig. Neben schädlichen wurden auch nützliche Insekten angelockt.

Die Ausnutzung des Bruttriebes kennzeichnen die Bekämpfungsmaßnahmen, die den Schädlingen künstliche oder natürliche Brutgelegenheiten darbieten, um so die Brut vernichten zu können. An technischen Mitteln sind hier die künst-

lichen Nachbildungen von Nisthöhlen — in der Hauptsache aus Ton — (z. B. die „tönernen Sperlingsfallen" oder umgestülpte Blumentöpfe zur Bildung von Nestern für Ameisen) — zu erwähnen (7, 22).

Zur Ausnutzung des Nahrungstriebes zum Fang und zur Vernichtung von Schädlingen werden neben Anpflanzung von Nährpflanzen an technischen Vorrichtungen Fang- und Vernichtungsgeräte ausgelegt, die mit als Leckerbissen dienenden Ködern versehen sind. Diese haben eine mehr oder weniger spezifische Lockwirkung. Man kann daher auch diese technischen Vorrichtungen als Fallen mit Attraktivwirkung bezeichnen und sie so gegenüber der Gruppe der mehr rein mechanisch wirkenden Leim- oder Saugfallen unterscheiden.

Die Anwendung von einfachen Fangbehältern (verschiedenartigste Behältnisse aus Glas [1—2 Liter Einmachgläser], Emaille, Aluminium usw.), die mit anlockenden Flüssigkeiten gefüllt sind, dienen mehr der Beobachtung der Flugzeit und Flugstärke der Schädlinge, um eine sachgemäße Bekämpfung zu ermöglichen.

Die Köderfallen und Fangvorrichtungen sind gegen Nagetiere, größere Wirbeltiere und Vögel sehr verbreitet (3, 9, 10, 12, 13, 16, 20). Sie sind außerordentlich mannigfaltig in den Ausführungsarten. Nach ihrer Wirkungsweise lassen sie sich in Gruben-, Kipp-, Stich- und Zangenfallen, in Schlag-, Röhren-, Kasten-, Reusen-, Netz- und Schlingenfallen einteilen.

Grubenfallen sind ausgehobene Erdlöcher mit senkrechten Wänden oder in den Boden eingelassene Gefäße, in die durch einen Nahrungsköder angelockte Tiere hineinfallen. Die Fangbehälter können zum Ertränken der Tiere mit Wasser gefüllt sein. Durch eine Tarnschicht aus Ästen oder Gestrüpp kann die Grube abgedeckt, oder die Wasseroberfläche kann durch eine schwimmende Häcksel- oder Korkschicht verdeckt sein.

Kippfallen haben kippbar eingesetzte Falltüren, Fallklappen oder Laufbretter („Wippen"). Bei den meisten Fallen ist die Wippe ein Brett, über das das Tier laufen muß, um zum Köder zu gelangen. Das Tier überschreitet dabei den Drehpunkt der Wippe, die durch die Schwere des Tieres aus der Ruhelage gekippt wird und das Tier in einen darunter stehenden, meist mit Wasser gefüllten Kasten fallen läßt. Nach erfolgter Entlastung kehrt die Wippe wieder in ihre Ruhelage und damit in ihre Fangstellung zurück. Die Kippfallen sind zum Massenfang geeignet. Für den Sperlingsfang hat sich eine kippbar aufgehängte Futterschale bewährt, die die Tiere in einen Drahtkäfig befördert (14).

Abb. 350 a: Kombinierte Wühlmaus- und Maulwurffalle (sogen. „Bayrische Falle"). (Werkbild: Keim)

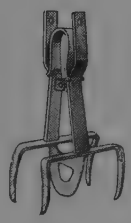


Abb. 350 b: Kombinierte Wühlmaus- und Maulwurffalle (doppelte Ausführung). (Werkbild: Küker)

Abb. 350 c: Rattenschlagfalle (aus starkem Buchenholz mit sehr harter Feder. (Werkbild: Keim)

Als Stich- und Zangenfallen (Abb. 350 a und b) lassen sich alle Fangvorrichtungen bezeichnen, die mit Hilfe von Federn gespannt und in die Gänge der Nager eingesetzt werden. Die Fallen werden ausgelöst, wenn das Tier den Gang betritt oder den in die Falle eingesetzten Köder berührt; das Tier wird durch Zinken oder Zangenarme getötet.

Ähnlich arbeiten Schlagfallen (Abb. 350 c und d). Es sind Fangvorrichtungen, bei denen zwei starke, rechtwinklige oder halbkreisförmige Eisenbügel unter Spannung einer Feder auseinandergeklappt werden. Berührt das Tier den Köder, so wird die Feder ausgelöst und die beiden Bügel schlagen zusammen und erdrücken das Tier. Diese Schlagfallen werden in allen Größen als „Tellereisen", „Schwanenhals", „Schlageisen" usw. gegen Nagetiere, schädliches Raubzeug (Wiesel, Iltis, Marder, Bisamratte, Fuchs) und selbst gegen größte Raubtiere angewendet.

Abb. 350 d: Rattenschlagfalle (aus Eisenbügel mit scharfen Sägezähnen). (Werkbild: Küker)

Abb. 350 e: Mäusefalle aus Holz. (Werkbild: Keim)

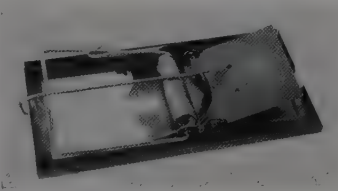


Abb. 350 f: Mäusefalle aus Eisenblech. (Werkbild: Keim)

Ähnlich in der Wirkung sind die leichteren Drahtbügelfallen, die als Mäusefallen im Handel sind (Abb. 350 e u. f). Hier ist ein meist rechtwinkliger Drahtbügel an einer Grundplatte drehbar angebracht. Der Bügel wird bei Betrieb der Falle durch eine Feder von der Grundfläche weggedreht und mit einem Sperrhebel gespannt. Beim Berühren des Köders wird die Sperre ausgelöst, und der Bügel schlägt zu.

Zu den Schlagfallen gehören ebenfalls die Steinfallen, bei denen mit Steinen beschwerte Bretter, auf deren Unterseite noch Nagelspitzen sein können, im spitzen Winkel zum Erdboden so aufgestellt werden, daß bei der leichtesten Berührung des unter dem Brett angebrachten Köders das Brett sofort herunterfällt und das Tier erschlägt. Bei schweren Fallen wird die Last vergrößert (Klötze, Stämme, Steine), die Stützen oder die Last selbst werden mit einer Schnur gehalten, und im Augenblick des beabsichtigten Fanges werden die Stützen weggezogen, oder die Last fällt durch selbsttätiges Auslösen herunter (1).

Röhrenfallen werden in die Gänge der Mäuse eingesetzt. An einem stärkeren, federnden Bügel hängt eine Drahtschlinge. Der Bügel wird durch einen Faden heruntergedrückt und die Schlinge dadurch in die Röhre gebracht. Will die Maus

zu dem Köder gelangen, so muß sie zuerst den Haltefaden durchbeißen, worauf die Feder emporschnellt, so daß die Drahtschlinge die Maus erdrosselt.

Die in verschiedenen Größen zum Fang von Ratten, Wiesel, Iltis usw. verwendeten Kastenfallen (Abb. 350 g und h) bestehen aus tunnelartigen Holz- oder Drahtkästen, die von einer oder von zwei Seiten zugängig sind. Beim Berühren des Köders, der sich innerhalb des Kastens befindet, fallen durch Hebelwirkung

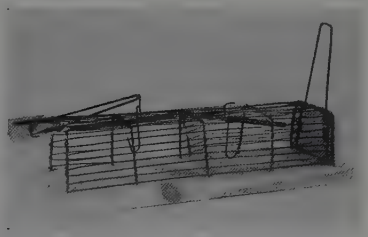


Abb. 350 g: Drahtkastenfalle mit zwei Klappen. (Werkbild: Keim)

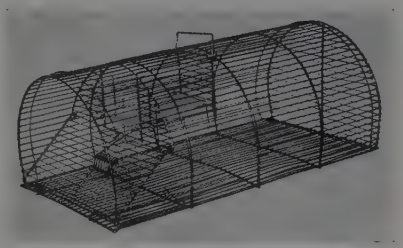


Abb. 350 h: Massenfänger. (Werkbild: Küker)

entweder senkrecht stehende Falltüren oder schräg nach innen gestellte Fallklappen herab, und die Falle wird geschlossen. Die Anordnung der Spann- und Auslöshebel ist technisch sehr verschieden gelöst (17). Bei der einfachen, aus Drahtgeflecht bestehenden Mäusefalle (Abb. 350 g) wird die nach außen klappbare Tür mit einem in das Innere der Falle geführten Bügel durch Festhaken an der Stelle, an der gleichzeitig am Bügeldrahtende der Köder sitzt, gespannt und offen gehalten und durch Berühren ausgelöst, so daß die Tür zufällt. Die Falle muß leicht zugänglich und ohne Schaukeln des Trittbrettes ein rasches Auslösen der Falle gewährleistet sein. Es ist in allen Fällen gut, die Fallen mit einer Kette an einer Baumwurzel oder dergleichen zu sichern.

Als Reusenfallen (Abb. 350 i) sind verschieden große, meist aus Drahtgeflecht, seltener aus Weidengeflecht („Fangkörbe") bestehende, runde oder rechteckige Fangapparate in Gebrauch, bei denen die Zugänge aus nach innen gebogenen Drahtspitzen bestehen und ständig offen sind. Sie gestatten also jederzeit den Zugang zur Falle, verhindern aber den Austritt. Oft haben die Fallen — zur Anlockung und Gewöhnung — einen mit etwas Köder beschickten Vorraum, von dem der fischreuseähnliche Zugang zu dem stärker beköderten Fangraum führt.

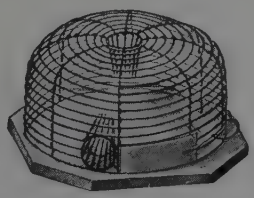


Abb. 350 i: Reusenfalle mit zwei Eingängen. (Werkbild: Küker)

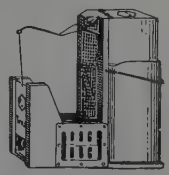


Abb. 350 k: Mausefalle mit Wasserbehälter (automatische Falle für den Massenfang). (Werkbild: Küker)

Bei den in erster Linie zum Vogelfang benutzten Netzfallen wird ein Netz, das an einem unter Federdruck stehenden Bügel befestigt ist, nach Auslösung durch Köderberührung über den Schädling geworfen, oder es schlagen Fanghauben über dem Schädling zusammen.

Schlingen werden außer in geschlossenen Fangvorrichtungen (siehe Röhrenfallen) auch frei verwendet. Schlingenfallen sperren im Freien den Zugang zu einem ausgelegten Köder oder auch nur den täglichen Wechsel eines Tieres. Schlingen sind die einfachsten Fangvorrichtungen.

Das Fallenstellen ist die älteste, billigste und verbreitetste Art der technischen Bekämpfungsmaßnahmen. Zu ihrer erfolgreichen Verwendung gehören jedoch genaue Kenntnisse über die Lebensgewohnheiten der Tiere, Geschicklichkeit in der Auswahl der Falle, des Köders und der Aufstellung und Tarnung, Geduld und Findigkeit.

Eine andere Gruppe der physikalischen Bekämpfungsmaßnahmen erstrebt die Fernhaltung von Schäden oder von Schädlingen von den Kulturpflanzen oder ihren Erzeugnissen. Die Fernhaltung kann durch Verwendung von Schranken verschiedenster Art oder durch Vorrichtungen erreicht werden, die auf eine Abschreckung der Schädlinge hinzielen.

Durch Zäune, Mauern, Hecken oder Schutzgeflechte werden Pflanzungen oder auch Einzelbäume vor Weidevieh und Wild geschützt. Vor allen Dingen lassen sich Gitter und Netze in den verschiedensten Größen und Ausführungen, von der Fliegengaze als Drahtgewebe bis zum großmaschigen Gitter oder vom Gazebeutel (zum Schutze einzelner wertvoller Früchte) bis zum Fischernetz, sehr vielfältig — auch gegen fliegende Tiere — verwenden (Abb. 351).

Auch das Anbringen von Leimringen (Abb. 352) ist eine Art der Fernhaltung, wenn es nicht wie bei den Fanggürteln eine Fangmaßnahme unter Ausnutzung des Schutzbedürfnisses des Tieres ist (siehe Seite 514). Bei Leimringen muß dafür gesorgt werden, daß dickere Borkenstücke am Stamm zuerst beseitigt und größere Vertiefungen mit Lehm o. ä. verschmiert werden, damit die Schädlinge nicht unter dem Leimring hindurchkriechen können. Auch darf nicht übersehen

Abb. 351: Durch Fischernetze gegen Vogelfraß gesicherte Versuchsparzellen

werden, daß evtl. vorhandene Baumpfähle ebenfalls einen Leimring erhalten müssen. Klebstoffschranken lassen sich jederzeit, den örtlichen Verhältnissen entsprechend, anlegen. Ihnen kommt aber keine größere praktische Bedeutung zu, da sie schnell verschmutzen und damit als Schutzstreifen unbrauchbar werden.

Abb. 352: Leimringe

Außer Gitter und Klebschranken gibt es noch eine große Reihe von Hindernissen, die eine Fernhaltung von Schädlingen bezwecken. Sie beruhen zu einem großen Teil auf biologischer Wirkung oder einfacher mechanischer Art, wie beispielsweise das Umbinden der Stengel wertvoller Blumen mit Watte oder von wertvollen Pflanzen mit Papierkragen oder Kunststoff-, Zinn- und Aluminiumfolien oder, wie der Schutz von Jungbäumen im Forst gegen Wildbiß, durch Einhängen von aus federndem Draht bestehenden Spiralen oder durch Bedecken der Triebe mit Papiertüten oder besonders geformten und leicht biegsamen Blechstücken.

Zur Fernhaltung gehören auch alle die physikalischen Mittel, die eine Abschreckung der Schädlinge bezwecken, indem sie den Gesichts-, Gehör- oder Tastsinn ausnutzen. In erster Linie sind hier mechanische, optische und akustische Mittel gegen Vögel gerichtet.

Einfache Vogelscheuchen gibt es in zahlreichen Ausführungen (18). Mit Woll- oder Zwirnsfäden überspannte Anzuchtbeete und Saatbeete oder mit Fäden umzogene Baumkronen können vor Vogelfraß schützen. Die Abschreckwirkung auf den Gesichtssinn soll oft durch Anbringen von Stoff- und Papierfähnchen, frei hängenden und sich im Winde bewegenden Spiegeln, blinkenden Metallfolien und Blechstücken verstärkt werden. Aus Zinkblech ausgeschnittene, oft mit funkelnden Augen versehene Katzen, Katzenköpfe und Eulen oder mit Vogelfedern oder Flügeln versehene, sich im Winde drehende Abschreckgeräte oder ausgestopfte Raubvögel und Raubtiere werden zur Fernhaltung von Drosseln und Staren in Kirschbäumen aufgehängt, oder es werden Strohmänner und dgl. in den Kulturen aufgestellt. Häufig werden diese Mittel akustisch verstärkt, indem Klapper- oder Rasselgeräusche erzeugt werden. In der Regel treibt bei diesen akustischen Apparaten der Wind eine Windmühle, die durch ihre Umdrehung Glocken, freischwebende Blechstücke oder sonstige Lärmvorrichtungen in Tätigkeit setzt. Aber auch durch Handschnarren und -klappern wird Vogelschaden verhindert.

Die Technik der Abschreckmittel hat außerdem zur Herstellung größerer Vorrichtungen und Apparate geführt. Es gibt Knallscheuchen, bei denen auf nicht brennbarer Unterlage eine in bestimmten Abständen mit Knallpatronen durchsetzte Zündschnur befestigt ist. Die Abstände sind so berechnet, daß bei Abbrennen der Zündschnur alle halbe Stunde ein Knall erfolgt.

Ein mit Karbid und Wasser betriebenes Gerät löst alle 1 bis 4 Minuten automatisch je nach Einstellung der Wasserregelschraube knallende Explosionen aus. Durch Drehen des Gerätes wird die Wirkung erhöht, weil dann die Schüsse in alle Richtungen gehen. Auch Wild soll hiermit verjagt werden. Schallplatte und Radio sind ebenfalls als Schreckmittel in den Dienst der Schädlingsbekämpfung gestellt worden. Von Lautsprechern werden in bedrohten Kulturen in bestimmten Zeitabständen von einer Schallplatte aus Geräusche wechselnder Art — Zisch-, Rassel- und Knallgeräusche — oder drohende Lautäußerungen von Raubtieren und Angst- und Todesschreie, Klage- und Warntöne kleiner geängstigter Tiere übertragen. Der Wert von Vogelscheuchen und Geräuschen ist in vielen Fällen nur sehr bedingt. Die Vögel gewöhnen sich meistens daran und beachten sie dann nicht mehr. Außerdem vertreiben alle Abschreckmaßnahmen lediglich die Schädlinge, sie vermindern sie aber nicht. Eine umfangreiche Gruppe von Fernhaltungsmaßnahmen bilden alle die mannigfaltigen Vorkehrungen, die zur Verhinderung von durch Regen, Wind, Frost und Hitze verursachten Witterungsschäden getroffen werden.

Besonders der Frostschutz hat eine große Bedeutung. Da der Frostschutz gleichzeitig zu den thermischen Bekämpfungsarten gehört, wird er im folgenden Abschnitt behandelt.

1. Baeßler-Archiv 3, Heft 2/3 Eingeborenenfallen, mit Abbildungen.

2. Friedrichs, K.: Die Grundfragen und Gesetzmäßigkeiten der land- und forstwirtschaftlichen Zoologie, Berlin 1930.

3. Gaudschau, M. D.: Wühlmausbekämpfung, Gesunde Pflanzen, *6*, 1954, Heft 3. — 4. Gleisberg, W.: Zur Madenfallenfauna, Dtsch. Obst- und Gemüsebau-Zeitung, *70*, 1924, 151—152. — 5. Greenslade, R. M., & A. M. Massee: Studies of impregnation of tree banding materials, East Malling Res. Stat. Ann. Rep. for 1934 (May 1935) 180—183 and 1935 (May 1936), 177—183.

6. Hollrung, M.: Die Mittel zur Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten, 3. Aufl. Berlin 1923.

7. Kaiser, P.: Vertilgungsmittel für Ameisen im Garten, Gartenflora, *77*, 1928, 253. — 8. Koch, M.: Giftring und Ringspritzer, das neue Verfahren zur Bekämpfung waldbaulicher Schädlinge. Der Wald, *2*, 1952, 13—14. — 9. Koller, R.: Das Rattenbuch, Verl. M. u. H. Schaper, Hannover 1932, 160.

10. Mansfeld, K.: Beiträge zur Forschung der wissenschaftlichen Grundlagen der Sperlingsbekämpfung (Fangverfahren). Nachrichtenblatt f. d. Dtsch. Pflanzenschutzdienst, *30*, 1950, Heft 8, 147, und Heft 9, 164. — 11. Martin, H.: The scientific principles of plant protection. London 1928. — 12. Mehl, S.: Die Feldmaus, Flugblatt C 5 der Biolog. Zentralanstalt, 1950. — 13. Mehl, S.: Die Ratten, Flugbl. 10 (C 4) der Biolog. Bundesanstalt, 1953. — 14. Meyer-Hermann, K.: Richtlinien zur Spatzenbekämpfung, Flugbl. C 1 der Biolog. Zentralanstalt, 1949. — 15. Möricke, V.: Eine Farbfalle zur Kontrolle des Fluges von Blattläusen, insbesondere der Pfirsichblattlaus. Nachrichtenblatt d. Deutsch. Pflanzenschutzdienst. *3*, 1951, 23—24.

16. Pustet, A.: Die Bisamratte. Flugbl. C 3 der Biolog. Zentralanstalt, 1950.

17. Schmidt, H. W.: Kampf gegen die Bisamratte. Technik u. Landwirtschaft, *9*, 1957, 61/62. — 18. Schoenichen, G.: Die Biologie der Vogelscheuche. Naturschutz, *15*, 1934, Heft 5, 8. — 19. Speyer, W.: Beitrag zur Bekämpfung des Apfelblütenstechers mit Hilfe von Fanggürteln. Die kranke Pflanze, *9*, 1932, 96—99. — Die an der Niederelbe in Obstbaumfanggürteln überwinternden Insekten. Z. f. Pflanzenkrankheiten, *43*, 1933, 113—138; *44*, 1934, 321—330; *45*, 1935, 433—462. — Fanggürtel an Obstbäumen, Mitt. Dtsch. Landw. Ges., *48*, 1933, 573—574. — 20. Speyer, W., & H. Gasow: Vogelschutz und Vogelabwehr. Flugbl. 14 der Biolog. Bundesanstalt, 1955.

21. Tempel, W.: Bei Anlegen von Fanggräben keine Nützlinge vernichten! Die kranken Pflanzen, *11*, 1934, 99—100. — 22. Thiem, H.: Gegen die Sperlingsplage. Flugbl. 65 der Biolog. Reichsanst. Berlin-Dahlem, 1941. — 23. Trappmann, W.: Schädlingsbekämpfung. Grundlagen u. Methoden im Pflanzenschutz, Hirzel, Leipzig, 1927.

24. Wardle, A., & Ph. Buckle: The principles of insect control, Manchester 1923.

F. Erhitzen, Abkühlen, Bestrahlen, Beschallen und andere thermische, magnetische und elektrische Bekämpfungsarten

Neben dem biologischen Frostschutz, also der Verbesserung der physiologischen Frostfestigkeit der Pflanze, sowie neben präventiven Kulturmaßnahmen, die in Frostlagen kleinklimaverbessernde Wirkungen versprechen — also kleinklimagerechte Anlage von frostempfindlichen Kulturen, Regulierung der Kaltluftströmung, Verbesserung der Umgebungseinflüsse —, werden an technischen Mitteln Bedeckung, Heizung, Beregnung, Lufttrübung (Räuchern, Nebeln) und (im Ausland) Ventilation eingesetzt (1, 2, 4, 5, 8).

Das Bedecken der Pflanzen oder das Einhüllen ihrer empfindlichsten Teile, um sie vor zu starker Wärmeabstrahlung, aber auch vor zu raschem Gefrieren und Wiederauftauen zu schützen, ist zwar ebenso eine alte Kulturmaßnahme, aber es ist bereits auch eine direkte Frostbekämpfung. Während man früher mehr Einzelbedeckungen mit Zelten, Hauben und Schirmen durchführte, ist heute die großflächige Bodenauflage mit Wärmedämmungsmitteln mehr in den Vordergrund getreten. Genaue Temperaturmessungen der Agrarmeteorologischen Forschungsstelle des deutschen Wetterdienstes in Trier zeigen, daß die Temperaturabfalldifferenz zwischen bedeckten und unbedeckten bodennahen Kulturen (Erdbeeren, Gemüse) 1—2 Grad beträgt unter Laub oder Nadelholzreisig, 2—3 Grad unter Holzwolle, Stroh und Torf, 2—5 Grad unter Zellophan und Zeitungsknüll, ebenso unter festeren Stoffen und Wellpapier, 2—6 Grad unter Schilfmatten oder Glas, 3—7 Grad bei Schaumanwendung und 4—9 Grad unter Glaswolle. Die Isolationswirkung ist abhängig von der Dicke und Lufthaltigkeit des Materials, aber auch wesentlich vom Wärmevorrat und von der Wärmeleitfähigkeit des Bodens, der Lage im Gelände und schließlich vom richtigen Zeitpunkt der Auflage und der Abnahme der Bedeckung. Zur Herstellung von Schaum stehen Geräte zur Verfügung, wie sie im Feuerlöschdienst verwendet werden. Dem aus einer Hydrantenleitung oder durch eine Pumpe erzeugten Druckwasser wird ein Schaummittel zugesetzt, das in Luftschaumrohren durch innige Vermischung mit darin angesaugter Luft zu Schaum verarbeitet wird.

Abb. 353: Frostverhütung durch Ofenheizung

Überall anwendbar und auch bei strengeren Frösten noch wirksam ist

die Geländebeheizung (Abb. 353). Sie ist daher sehr gebräuchlich. Man benutzt zur Geländeheizung besondere Brikett- oder Ölheizöfen. Als Primitivheizung können offen ausgelegte Rohnaphtalin- oder Briketthäufchen dienen. Trotz geringerer Anschaffungskosten ist diese Methode durch Mehrarbeit, Verwitterungsverluste und durch großen Verbrauch von Anzündmaterial teurer und natürlich weniger wirksam als die Verwendung von kleinen, transportablen Geländeöfen. Einfache Brikettöfen werden mit einer Schicht Holzwolle, darauf Anzündmasse (Rohnaphtalin, Anthrazen-Rückstände, ölgetränkte Torfstreu o. ä.) und obenauf 6 Braunkohlebriketts im Kreuzverband betrieben. Bei den kombinierten Öfen ist das untere Drittel des Aufnahmeraumes unterteilt. In einen kleinen unteren Raum kommt bei diesen Öfen Heizöl. Die Briketts werden darüber im Dreieckverband aufgeschichtet. Öl-Geländeheizöfen fassen etwa 6 Liter Heizöl. Sie werden mit Spezialkannen, in denen ein Benzin-Ölgemisch an einem brennenden Docht vorbeifließt und dadurch entzündet wird und dann brennend in den Ofen fällt, sicher und gefahrlos entzündet. Ölöfen brennen mit 6 l Heizöl etwa 6 Stunden lang. Sie geben bei sinkendem Ölspiegel weniger Wärme ab. Verwendet wird handelsübliches Heizöl oder Autoablaßöl. Festverlegte und unter Druck stehende Ölleitungen machen das Nachfüllen entbehrlich. Durch Einfügung eines kegeligen Verdrängers oder Luftleitvorrichtungen kann bei den Heizöfen der Wirkungsgrad verbessert werden. Der glühende Brennstoff wird damit vom Boden weg an die Außenwand verdrängt. Hier entsteht eine höhere Temperatur, durch die die seitliche Wärmeausstrahlung erheblich gesteigert wird.

Die Dichte der Aufstellung beträgt in ebenem Gelände bei Brikett-Geländeheizöfen 7 m, bei kombinierten Brikett-Öl-Geländeheizöfen 6 m, bei Öl-Geländeheizöfen

Abb. 354: Beregnung als Frostschutzmaßnahme

5—6 m und bei offener Brikettheizung 2—3 m. In hängigem Gelände müssen die Einzugstellen der Kaltluft durch eine dichtere Aufstellung der Öfen abgeriegelt werden (4—5 m). Die Nutzwirkung kann gegebenenfalls durch zusätzliche offene Feuerstellen verstärkt werden.

Die Geländeheizöfen erzeugen Strahlungswärme. Sie durchmischen und erwärmen die Luft und sind je nach Bedarf regulierbar. Die Beheizung kann bei Frösten bis zu — 4 bis — 5° C noch Erfolg haben. Bei allen Heizmethoden muß dafür gesorgt werden, daß ausreichend Brennmaterial und alles Zubehör, wie Anzündmaterial, Anzündkannen usw., rechtzeitig zur Verfügung stehen und daß die Maßnahmen von geschultem Personal durchgeführt werden (10, 13, 14).

Abb. 355: Bildung eines Eisfilms auf Blüten und Ästen bei der Frostschutz-Beregnung. (Werkbild: Mannesmann)

Eine recht sichere, aktive Frostbekämpfung ist durch Beregnung möglich (Abb. 354). Man kann drei Arten von Frostschutzberegnung unterscheiden, die direkte Beregnung, die Vorwegberegnung und die indirekte Beregnung.

Bei der direkten Beregnung werden die zu schützenden Kulturen während der Frostnacht fortlaufend beregnet. Es wird damit die Luftfeuchtigkeit im Bestand erhöht. Die Luftschichtung im Bestand wird gestört, der Boden durchfeuchtet, seine Wärmeleitfähigkeit vergrößert und zusätzliche Wärme zugeführt. Die wichtigste Wirkung verursacht die Wärmezufuhr, die nicht etwa in der Wärmeabgabe durch höher temperiertes Regenwasser besteht, sondern in der bei Erstarrung des Wassers zu Eis frei werdenden latenten Wärme. Die absichtliche Vereisung des Schutzobjektes ist die Ursache des Haupteffektes der Frostschutzberegnung (Abb. 355). Diese Beregnungswirkung ist maßgebend für das Verfahren und damit für die Ausbildung der hierzu erforderlichen Regnertypen. Die Wassermenge muß möglichst klein sein, weil sonst der Eisüberzug über den zu schützenden Pflanzen zu dick und schwer wird und die Gefahr von Pflanzenbrüchen besteht. Die Wassertemperatur muß möglichst wenig über 0° C sein, damit möglichst schnell der auf den Pflanzenteilen aufgebrachte Wasserfilm erstarrt und Erstarrungswärme liefert, statt noch durch Verdunstungskälte vorher zum Temperaturabfall der Pflanzenteile beizutragen. Die Regentropfen dürfen weiterhin nicht so klein sein, daß sie bei richtig temperiertem Wasser schon in der Luft gefrieren und als Eiskörnerregen auf die Pflanzen niedergehen. Sprüh- oder Nebeltröpfchen scheiden also aus. Weiterhin darf die Beregnung nicht unterbrochen werden. Das System umhüllter Pflanzenteil-Eispanzer weist solange die schützenden Temperaturen auf, wie noch der wärme-

erzeugende Erstarrungsprozeß an der Oberfläche abläuft. Sobald er aufhört, bewirken Wärmestrahlung und Austausch ein schnelles Angleichen der Oberflächentemperatur an die Temperatur der umgebenden Luft. Wenn also der Prozeß des Überganges von der flüssigen in die feste Phase abgeschlossen ist, besteht sofort die Gefahr, daß der Prozeß des Überganges von der festen in die gasförmige Phase (Verdunstung) eingeleitet wird, der fast 8mal soviel Wärme entzieht, wie der Erstarrungsprozeß liefert. Die Beregnung darf also nicht ausgesetzt werden, bevor nicht die Eisreste am nächsten Morgen von den Pflanzen abgetaut oder abgefallen sind.

Die heutigen Regner sind Langsamregnertypen, die als kleine Drehstrahlregner ausgebildet sind mit einer Zeit von 2 Minuten zwischen den Durchgängen des Strahles. Sie liefern eine Regendichte von 2—3 mm pro Stunde, d. h. 2—3 Liter Wasser je Quadratmeter und Stunde. (Es genügen für die Wirkung des Frostschutzes Regenhöhen von 1—2 l/m².)

Sicherheit des direkten Beregnungsverfahrens muß durch gleichmäßige Wasserverteilung und durch möglichst schnelle Drehung des Regnerstrahles angestrebt werden. Bei der technischen Gestaltung einer Anlage muß der sehr hohe Wasserverbrauch einkalkuliert und geprüft werden, ob die Wasserentnahme für die Frostschutzberegnung aus Bächen, Flüssen, Seen, Speicherbecken oder Brunnen möglich ist. Je Hektar müssen 600 m³ Wasser zur Verfügung stehen, da man auf drei aufeinanderfolgende Frostnächte mit je 10 Stunden Beregnungsdauer vorbereitet sein soll. Tomaten, Bohnen, Frühkartoffeln und Erdbeeren in Blüte und vor allem Weinreben können gleichmäßig geschützt werden. Nachtfröste bis —4 ° C lassen sich durch die künstliche Beregnung abfangen (11, 15, 16).

Die Vorwegberegnung zielt auf eine Erhöhung der Wärmeleitfähigkeit des Bodens ab. Sie verspricht dort Erfolg, wo es sich um das Hintanhalten der Entstehung von Kaltluft an Ort und Stelle handelt, also im weithin ebenen Gelände. Sie hat den Vorteil, daß die Beregnungsanlage verlegt und damit die Ausdehnung der zu schützenden Fläche vervielfacht werden kann. Auch andere Regnertypen als nur Langsamregner können verwendet werden. Eine Gefahrenquelle bei der Vorwegberegnung ist, daß die Zeitspanne zwischen Beregnung und Frostnacht unversehens zu kurz ausfallen kann. Ist die Bodenoberfläche beim Frosteintritt noch naß, sind vielleicht sogar die Pflanzenteile noch nicht abgetrocknet, dann wird die Wärmebilanz bei Eintritt einer Gefahrennacht nicht verbessert, sondern durch die auftretende Verdunstungskälte erheblich verschlechtert (3).

Bei der indirekten Beregnung bleiben Schutzobjekt und Boden trocken. Die Beregnung soll in diesem Falle den Antransport fremdbürtiger Kaltluft verhindern. Die zu schützenden Pflanzen werden also nicht selbst beregnet, sondern Kaltluftansammlungen sollen beseitigt werden, so daß es zu einer den Tagesverhältnissen vergleichbaren Luftströmung kommt. Die Methode ist nur in solchen Geländeformen anwendbar, wo die Kaltluft in einer einzigen oder einigen wenigen schmalen Einbruchspforten abgeriegelt werden kann. Die indirekte Beregnungsmethode ist im Laufe der Zeit ersetzbar durch eine Maßnahme des vorbeugenden Frostschutzes (z. B. Aufwuchs eines Baum-Riegels).

Regenanlagen sind teuer. Sie können aber neben dem Frostschutz auch noch für die Bewässerung bei Trockenheit und zur Vegetationsverlängerung im Herbst (z. B. Erhöhung des Zuckergehaltes der Trauben) eingesetzt werden.

Bei der Frostschadenverhütung durch Lufttrübung wird eine künstliche Wolkendecke geschaffen, durch die die effektive Ausstrahlung und damit der Temperaturrückgang während der Nacht verringert wird (7, 17). Die Verfahren sind Verräuchern und Vernebeln. Verräuchert wird mit Teerprodukten, landwirtschaftlichen Abfallprodukten, Reisig oder Holz vom Reb- oder Baumschnitt, feuchtem Stroh, alten Gummireifen oder mit fabrikmäßig hergestellten Räuchermitteln. Mit den in die Luft gebrachten festen Partikeln erreicht man eine starke Strahlungsabsorption und damit eine Verringerung der nächtlichen Ausstrahlung.

Zum Nebeln können neben abbrennbaren Spezial-Nebelpatronen die für die Schädlingsbekämpfung konstruierten Nebelgeräte eingesetzt werden, sofern sie die Anwendung von für den Frostschutz geeigneten Nebelmitteln zulassen. Die flüssigen Wirkstoffteilchen wirken als Kondensationskerne und leiten die natürliche Nebelbildung in feuchter Luft ein. Je höher der Wasserdampfgehalt ist, um so günstiger sind die Voraussetzungen für die Nebelbildung. Die vorliegenden Verhältnisse sind sehr zu beachten. Durch Lufttrübung können nämlich alle Grade von der Frostverhütung bis unter Umständen zur Frostverschärfung bewirkt werden. Für eine rentable Frostschadenverhütung sind große Flächen notwendig (Mindestfläche 10 ha). Frostschutz durch Rauch oder Nebel kann nur dort eingeführt werden, wo die Kaltluft entsteht, nicht aber dort, wo sie aus ungeschütztem Einzugsgebiet zufließt, da Kaltluft spezifisch schwerer als Rauch oder Nebel ist.

Der Wirkungseffekt einer Lufttrübung liegt bei 1,5 bis 2° C.

Der Frostschutz durch Ventilation hat den Zweck, die Kaltlufthaut am Boden, die sich bei Luftruhe als Spätfrost im Frühjahr oder Frühfrost im Herbst bei gleichzeitiger starker Ausstrahlung gegen den wolkenlosen Himmel bildet, durch künstlichen Wind zu zerstören und gleichzeitig die wärmere Luft aus den höheren Schichten in die zu schützenden Anlagen hineinzutreiben.

Die Ventilationsmethode ist vom Ausland her bekannt (Kalifornien, England, Australien), für deutsche Verhältnisse läßt sich noch kein Urteil bilden. Die Winderzeugung geschieht durch Windmaschinen, deren Bedienungsaufwand denkbar gering ist. Große Propeller (6 m Durchmesser und mehr) werden von Elektro-, Benzin- oder Dieselmotoren angetrieben, deren Stärke zwischen 12,5 und 210 PS liegt. Die Umdrehungszahl liegt bei 900 U/min. Die Propeller sind auf Masten von etwa 10 m Höhe angebracht.

Die amerikanischen Propeller blasen horizontal oder mit nur sehr geringem Neigungswinkel über die Kulturen. Zur Vergrößerung der zu schützenden Fläche blasen die Propeller meist nicht konstant in eine Richtung, sondern mit wechselnder Blasrichtung, indem der Propeller entweder um einen Winkel von 90 oder 180 Grad schwenkt oder laufend um 360 Grad rotiert. Die Größe der geschützten Flächen liegt bei den Hochleistungspropellern zwischen 2 und 6 Hektar.

In England sind die Propeller horizontal angebracht, so daß der erzeugte Luftstrom direkt nach unten gerichtet ist. Sie sind in der Herstellung billiger, aber der Einflußbereich nach den Seiten ist wesentlich geringer. Überlappen sich jedoch im Randgebiet die Einflußbereiche von zwei oder mehreren Propellern, so wird hier der Temperatureffekt um ein Mehrfaches gegenüber der Zahl der Propeller größer.

In Australien bläst man schräg in die Anlage hinein. Ein Neigungswinkel von etwa 30 Grad gegen die Horizontale ergab bei diesen verhältnismäßig schwachen Propellern den größten Schutzeffekt. Zu starker Wind führt zu Windbruch an den Gehölzen.

Die Ventilationsmethode ist nur bei Strahlungsfrösten und Windstille sinnvoll, bei Windfrost nützt sie wenig. Ein schräges Blasen mit Propellern von geringer PS-Zahl scheint von Vorteil zu sein. Dabei soll die Blasrichtung gleichzeitig noch um etwa 180 Grad hin- und herschwenken bei einer Schwenkdauer von nicht mehr als 3—4 Minuten. Die zu schützende Fläche bleibt dabei aber unter 1 Hektar.

Man versucht auch, verschiedene Methoden der Frostabwehr zu kombinieren. Die Vor- und Nachteile können nur von Fall zu Fall entschieden und an Ort und Stelle richtig abgewogen werden. Bewährt haben sich die Kombination der Ofen- mit der offenen Heizung, die Heizung zusammen mit der Ventilationsmethode und die Heizung mit einer Vorfrostberegnung. Es wird immer zweckmäßig und wirtschaftlich sein, die eine oder andere Methode der aktiven Frostbekämpfung mit den entsprechenden Arten der vorbeugenden Frostschadenverhütung zu verbinden.

1. Burckhardt, H., P. Lehmann & M. Schneider: in Vorbereitung: „Frostschutz im Pflanzenbau" (ein Quellenwerk) im Bayer. Ldw. Verlag, München.

2. Faust, J.: „Verhütung von Früh- und Spätfrösten im Wein- und Obstbau". Flugbl. L 2 der Biolog. Bundesanstalt 1954.

3. Herrmann, Fr.-Jos.: „Mit der Regenkanone gegen Schädlinge und Nachtfröste". Technik für Bauern und Gärtner, *5*, 1953, 585—588.

4. Klenk & Winkler: „Frostschutz im Wein-, Obst- und Gartenbau". Technik für Bauern und Gärtner *6*, 1954, 134, und *6*, 1954, 159. — 5. Kohlenberg, F., & H. Wolf: „Die Praxis der Frostschadenverhütung im Wein- und Obstbau". Limburger Vereinsdruckerei, Limburg, 1944.

6. Lehmann, F., & G. Kohlmeier: „Moderne Regner sind betriebssichere Regner". Technik und Landwirtschaft, *9*, 1957, 254—257.

7. Nagy, J.: „Frostbekämpfung im Weinbau durch künstliche Beregnung". Schweizer Zeitschrift für Obst- u. Weinbau, 1952, Heft 61, 85—91.

8. Schnelle, F., & W. Breuer: „Bestands- und Ertragssicherung im Obstbau durch Frostschadenverhütung". Heft 7 der Arbeitsheftreihe „Zweckmäßige Arbeitsweise im Obstbau", 1952, Verlag Neumann, Radebeul-Berlin. — 9. Schonnopp, G.: Fortschritte in der Beregnungstechnik. Landtechnik, *11*, 1956, 685—687.

10. Thüring, Br.: „Frostschutz-Vorbereitungen nicht vergessen". Technik für Bauern und Gärtner, *4*, 1952, 139.

11. Weger, U.: „Frostabwehr durch Infrarotstrahlung". Die Landtechnik, *6*, 1951, 670. — 12. Witte, K.: „Eignung verschiedener Schwachregner zur direkten Frostschutzberegnung". Technik und Landwirtschaft, *9*, 1957, 247.

13. AID-Aufklärungsschriften „Verhütet Frostschäden". Heft 1: Meidet Frostlagen; 1955. Heft 2: Frostschadenverhütung durch Geländeheizung; 1955. Heft 3: Frostschutz durch direkte Beregnung; 1956. — 14. Anonym: „Frostschadenverhütung im Frühjahr". Technik für Bauern und Gärtner, *2*, 1950, 185—186. — 15. Anonym: „Frostschutz auf neuen Wegen: Die Landtechnik, *5*, 1950, 800. — 16. Anonym: „Beregnung als Frostschutzmaßnahme; die geringstmögliche Wasserdosierung muß technisch gelöst werden". Technik für Bauern und Gärtner, *2*, 1950, 187. — 17. Anonym: „Frostschutz durch Lufttrübung". Zentralblatt für den Deutschen Erwerbsgartenbau, *8*, 1956, Nr. 48, 2.

Zu thermischen Maßnahmen im Pflanzenschutz gehört weiterhin die Verwendung von Wärme als trockene Wärme (Hitze) und als feuchte Wärme (heißer Wasserdampf, heißes Wasser) in mannigfacher Form (2) und ebenso die Anwendung von tiefen Temperaturgraden. Eine gewisse Bedeutung haben für

Abb. 356: Flammenwerfer

die Anwendung von Hitze noch die Flammenwerfer (Abb. 356) (in der Hauptsache zum Absengen von verdorrtem Unkraut auf Wegen und Plätzen und an Drahtzäunen). Es gibt Flammenwerfer in rückentragbarer und in fahrbarer Ausführung. Als Vorrats- und Druckraum für das Mittel bei Flammenwerfern kann jede selbsttätige Spritze verwendet werden. Sie wird in diesem Falle mit Erdöl oder Erdölprodukten (z. B. Petroleum) gefüllt und mit der im Behälter angebrachten Luftpumpe unter einen Druck von 5 atü gesetzt. Das Petroleum wird nun dem eigentlichen Flammenwerfer zugeführt. Dieser besteht neben anderen Konstruktionen aus einem kleinen Druckbehälter, in dem sich ein in Windungen geführtes Kupferrohr befindet, das von einem mit Asbestschnur umwickelten Drahtkorb umgeben ist und in einer Düse endigt. Bei Beginn der Arbeit wird die Asbestschnur mit Petroleum getränkt und angezündet. Durch gleichzeitiges Öffnen des Abstellhahnes tritt das unter Druck stehende und im Rohrsystem vergaste Petroleum aus der Düse aus und entzündet sich. Je nach dem Druck entsteht eine 2—7 m lange, dauernd brennende Flamme. Solange der Drahtkorb glühend ist, kann diese durch Schließen des Hahnes jederzeit unterbrochen und beim Öffnen wieder entfacht werden. Die Anwendung von Wasserdampf wurde schon im Kapitel Bodenentseuchung (S. 309—322), die Heißwasserbehandlung im Abschnitt Beizung (S. 323—349) ausführlich beschrieben, so daß es sich erübrigt, an dieser Stelle noch einmal darauf einzugehen.

Die Anwendung von Kühle oder K ä l t e zum Schutz von Kulturen oder Vorratsgut geschieht durch Anbringen von Schattendecken, Berieselungen, Kalken von Gewächshausdächern, um allzu starke Sonnenwärme abzuhalten. Tiefe Temperaturen wendet man bei jeder Kühllagerung von Saatgut, Obst und sonstigen Vorräten an. Sie ist maschinell vom kleinsten Kühlschrank bis zum größten Kühlraum möglich.

Die Anwendung von E l e k t r i z i t ä t im Pflanzenschutz ist in mannigfacher Weise versucht worden. Es lag zunächst nahe, elektrisch geladene Drähte zum Insektenfang zu benutzen. Ein Gitterwerk, das aus mit verschiedenem elektrischen Potential geladenen Drähten bestand, umgab Licht- oder Köderfallen als Fangvorrichtung oder diente vor Gewächshausfenstern oder sonstigen Zugängen als Sperrgitter gegen fliegende Insekten. Die Drähte mußten so eng nebeneinanderliegen, daß jedes angelockte Insekt durch Berühren den Stromkreis schloß und abgetötet wurde. Der Wirkungsbereich wurde vielfach dadurch vergrößert, daß die Insekten von einem Saugluftstrom, der durch einen Ventilator erzeugt wurde, erfaßt und

dem tödlich wirkenden Sieb zugeführt wurden. Große praktische Bedeutung kam diesen Fangvorrichtungen jedoch nicht zu.

Nach den bisherigen Erfahrungen hat sich die Anwendung des elektrischen Stromes bei Bodenschädlingen (z. B. elektrische Bodensonde) nicht bewährt, da der Boden dem durchfließenden Strom zu großen Widerstand entgegensetzt (5).

Größeren Wert hat die Anwendung von elektromagnetischen und akustischen Strahlen*). Bei den elektromagnetischen Strahlen ist die Erhitzung die Ursache der schädigenden Wirkung auf organische Substanzen.

Versuche über die Anwendung von hochfrequenten Wellen zur Schädlingsbekämpfung laufen schon seit etwa 1930. Bei hochfrequenten Wellen ist die Leitfähigkeit bei tierischen Substanzen — wie das Insekteninnere — im allgemeinen größer als bei pflanzlichen Substanzen, weil in der tierischen Substanz wäßrige Lösungen, die fast alle starke Ionenleiter sind, in größerem Maße vorhanden sind und eine Rolle spielen.

Die Abtötungstemperaturen für die Schädlinge und ihre Stadien liegen bei 50 bis 60° C und sind im allgemeinen tiefer als die Abtötungstemperaturen bei Verwendung konvektiver Wärme.

Ein Hochfrequenzfeld wird zwischen den Platten eines Kondensators erzeugt. An den Kondensatorplatten liegt die Wechselspannung eines Hochfrequenzgenerators. Der Anschaffungspreis und die Betriebskosten einer derartigen Anlage sind sehr hoch (6, 7, 20, 23).

In neuerer Zeit sind Untersuchungen mit Infrarot-Strahlen zur Schädlingsbekämpfung gemacht worden. Die Infrarot-Strahlen wirken ebenfalls ausschließlich durch die Erhitzung des bestrahlten Mediums. Hier erfolgt die Schädigung der Schädlinge aber weniger wegen günstiger Absorptionsverhältnisse wie bei den Hochfrequenz-Wellen, als deswegen, weil die pflanzlichen Substanzen bei den Temperaturen, bei denen die Abtötung der Schädlinge erfolgt (50 bis 60° C) noch keinen Schaden erleiden. Die pflanzlichen Substanzen werden aber in jedem Falle höher beansprucht als bei Hochfrequenz. Die Eindringtiefe der Infrarot-Strahlen ist gering.

Die Eindringtiefe genügt, begünstigt die Abschirmung von Pflanzen und Früchten und ersetzt die schützenden Sonnenstrahlen. Die infraroten Strahlen erwärmen den Gegenstand, den sie berühren, also von innen heraus, ohne irgendwelche Wärme an die Luft seiner Umgebung abzugeben. Es gibt Infrarotheizgeräte zur Bestrahlung von Pflanzen und Früchten mit Hilfe von Aluminium-Reflektoren. Der sichere Wirkungsradius eines solchen kleinen Gerätes beträgt 10 bis 30 m.

Zur Erzeugung von Infrarot-Strahlen braucht lediglich ein Draht durch Stromdurchgang erhitzt und zum Glühen gebracht zu werden, um dann die Strahlen abzugeben. Es ist also kein Hochfrequenzgenerator nötig, der bei elektrischen Wellen und auch bei Ultraschall die Anlage und den Betrieb so sehr verteuert. Infrarot-Strahlen lassen daher am ehesten eine rentable technische Anwendung zu (14, 22, 24).

*) Die folgenden Angaben stützen sich zu einem Teil auf einen der Biologischen Bundesanstalt vorliegenden zusammenfassenden Bericht des Institutes für theoretische Physik der Universität Bonn (zusammengestellt 1952 von Franz Josef Küpper) über die Anwendung akustischer und elektromagnetischer Strahlen.

Ultraviolettbestrahlung wird für die Bekämpfung von tierischen Schädlingen kaum praktische Bedeutung erlangen. Das Eindringungsvermögen von Ultraviolettstrahlen in feste Stoffe ist noch geringer als bei Infrarotstrahlen. Sie wirken in der Hauptsache chemisch (8, 12, 21). Bei Röntgen- und Gammastrahlen könnte die sterilisierende Wirkung ausgenutzt werden, um Massenvermehrung von Schädlingen zu unterbinden.

Radioaktive Isotopen sind bisher zur Klärung der Wirkung von Insektiziden und zur Feststellung des Eindringungsvermögens in Pflanzen und Tiere herangezogen worden. Die Entwicklung steht erst im Anfang. Da als Strahlungsquelle die beim Spaltungsprozeß im Kernreaktor entstehenden radioaktiven Abfallprodukte zu verwenden sind, ist zu erwarten, daß die Arbeiten mit radioaktiven Stoffen einen großen Umfang annehmen werden und sich vielleicht auch einmal rentabel anwenden lassen (11, 18).

Zahlreiche Versuche zur physikalischen Bekämpfung von Schädlingen sind mit akustischen Strahlen gemacht worden. Hier kommt allein der Ultraschall in Betracht, also der Schall von 20 000 Hz an aufwärts, Frequenzen, die oberhalb des menschlichen Hörbereiches, aber innerhalb des Bereiches liegen, der auf den Schädling abschreckend wirkt.

Auf Insekten, kleine Tiere und Pflanzen wirkt der Ultraschall — mit wenigen Ausnahmen bei schwachen Schallintensitäten — im allgemeinen schädigend ein. Die Schädigung der lebenden pflanzlichen und tierischen Substanzen wird durch mechanische und thermische Wirkung des Ultraschalls erreicht. Mit den heutigen Ultraschallgeräten gelingt es, bis zu 5 000 000 Ultraschallschwingungen und mehr in der Sekunde zu erzeugen. Dieses ungeheuer heftige Hin- und Herschütteln auf kleinstem Raum (Stauch- und Dehnungsbeanspruchungen mit Druckunterschieden von mehreren Atmosphären) bewirkt Beschädigung oder gar Zerstörung der komplizierten und empfindlichen Strukturen der organischen Substanzen. Die mechanische Energie wandelt sich durch Reibung in Wärmeenergie um, die eine Erhitzung der Substanz und damit von einer bestimmten Temperatur an eine weitere Schädigung zur Folge hat.

Eine technische Entwicklung einer Ultraschallbekämpfungsmethode ist bisher nicht bekannt. (Ultraschallgeräte — neben den magnetostriktiven und piezoelektrischen auch als mechanische, thermische, elektrodynamische Ultraschallgeber mit vielseitigen Anwendungsgebieten — sind heute selbstverständlich schon in großer Zahl vorhanden.) Die Hauptschwierigkeit scheint zu sein, daß nur in einer Flüssigkeit ausreichende Schallintensitäten für die Bekämpfung von Schädlingen erzielt werden können. Als Ultraschallgeber in Flüssigkeiten kommen magnetostriktive und piezoelektrische in Betracht. Der Schallgeber besteht also aus einem ferro-magnetischen Staub oder aus einem piezoelektrischen Kristall. Der Quarz beispielsweise ist mit einer Metallplatte, der die Oberfläche eines Schallkopfes bildet, fest verkittet. Man kann hohe Leistungen durch Zusammenbau einer größeren Anzahl von Schallköpfen zu einem Satz erreichen. Die Ultraschallgeber erfordern zu ihrem Betrieb zwei getrennte Teile, einen Generator, der als Sender die erforderliche Hochspannung erzeugt und den Schallkopf, der als Empfänger die elektrischen Hochspannungsstöße in Ultraschallschwingungen umwandelt. Eine derartige Anlage ist teuer.

Die Frage, welche Frequenzen, Beschallungszeiten und Schallintensitäten vom technischen und wirtschaftlichen Standpunkt aus gesehen die günstigsten sind, um die Abtötung von Schädlingen zu erreichen, ist noch nicht geklärt. Es ist auch noch nicht möglich, eine einwandfreie und jederzeit reproduzierbare Dosierung des Ultraschalls vorzunehmen. Ebenso fehlen ausreichende Versuche mit intensivem Ultraschall in Luft, wobei zu beachten ist, daß Luft den Ultraschall zweitausendmal stärker absorbiert als Wasser.

Für die Anwendung von akustischen und auch elektromagnetischen Strahlen im Pflanzen- und Vorratsschutz ist also grundsätzlich noch sehr viel Grundlagenforschung zu leisten. Aussicht auf Erfolge scheint durchaus zu bestehen (1, 3, 4, 9, 10, 13, 15, 16, 17, 19).

1. Allen, C. H., H. Frings & I. Rudnick: Some biological effects of intense high frequency airborne sound. J. accoust. Soc. Amer. Br., *19*, 1947, 857.

2. Baumann, G.: Möglichkeiten und Methoden der Heilung von Pflanzenkrankheiten durch Wärmeeinwirkung. Sonderdruck aus „Die Dtsch. Landwirtschaft", 1954, Heft 2. — **3.** Bergmann, L.: Der Ultraschall und seine Anwendung in Wissenschaft und Technik. Stuttgart: Hirzel-Verlag, 1954, 6. Aufl. — **4.** Brüner, H., & H. Rindfleisch: Über die biologische Wirkung von Ultraschall. Naturwiss. *34*, 1947, 347.

5. Déribéré, M.: Physikalische Verfahren zur Insektenbekämpfung. Chim. et Ind., *65*, 1951, 39—42.

6. Eden: Schädlingsbekämpfung durch hochfrequenten Strom. Dtsch. Drogistenztg. Nr. 20, 1952, 313.

7. Fränz, J.: Die Bekämpfung von Vorratsschädlingen in Nahrungsmitteln durch Hochfrequenzwärme. Dtsch. Lebensmittelrdsch. *45*, 1949, Heft 5, 131—134.

8. Horen, W. P.: Effects of ultra-violett radiation on Tenebrio molitor. J. Econ. Ent., Heft 3, 1947, 434—436.

9. Jaenichen, H., & M. Heimann: Untersuchungen über eine Anwendungsmöglichkeit des Ultraschalles in der Phytotherapie (Ultraschallbehandlung zur Abtötung parasitischer Pilze und Bakterien im Innern von Samen, Früchten und Fruchtständen). Phytopathologische Z. *23*, 1955, 419—459.

10. Kirchberg, E.: Ultraschall — eine neue Möglichkeit der Schädlingsbekämpfung? Z. f. hygien. Zool. u. Schädlingsbek., *39*, 1951, 60—61.

11. Lüdicke, M.: Über die Aufnahme radioaktiver Kontaktinsektizide bei Pflanzen und Tieren. Nachrichtenbl. f. d. Dtsch. Pflanzenschutzdienst, *6*, 1954, 122—124.

12. Meyer, A. E. H., & E. O. Seitz: Ultraviolette Strahlen, ihre Erzeugung, Messung und Anwendung in der Medizin, Biologie und Technik. Berlin: Walter de Gruyter & Co., 1949.

13. Schwabe, W. W., & M. J. Thornley: Vernalisation von Winterroggen durch Ultraschall. Ann. Appl. Biol., *37*, 1950, 19—22. — **14.** Sellke, K.: Über die Eignung der Infrarotstrahlung zur Bekämpfung von Vorratsschädlingen. Nachrichtenbl. f. d. Dtsch. Pflanzenschutzdienst, *5*, 1951, 70—72. — **15.** Skudrzyk: Die mechanisch-biologische Wirkung des Ultraschalles auf Grund der Analogie zwischen Schall und Wärme. Acta physica Austriaca, *3*, 1949, 56—65.

16. Thomas: Schädlingsbekämpfung beim Getreide. Dtsch. Landw., *2*, 1951, 275.

17. Wenk, P.: Verfahren und Einrichtung zur Schädlingsbekämpfung im freien Gelände mit Ultraschall. Patentschrift Nr. 938 279, 1956. — **18.** Winner, Chr.: Isotope als Hilfsmittel des Pflanzenschutzes in den Vereinigten Staaten von Nordamerika. Z. für Pflanzenkrankheiten, *59*, 1952, 364. — **19.** Wolters, K.: Ultraschall in der Landwirtschaft, Mitt. der DLG, *71*, 1956, Heft 21, 515—516.

20. Zacher, F.: Die Bekämpfung der Vorratsschädlinge durch Hitze, insbesondere Hochfrequenzwärme. Trans. Ninth Int. Congre. Ent., 1952, Vol. 1.

21. Anonym: Neue Wege der Trocknung und Entseuchung des Getreides. Anwendung von Ultrakurzwellen, ultravioletten und infraroten Strahlen zur Getreidebehandlung. Die Mühle, *78*, 1941. — **22.** Anonym: Geheimnisvolles Infrarot. Die Landtechnik, *7*, 1952, 176—177. — **23.** Anonym: Elektrische Getreidereinigung in den USA (Electrostatic separators). Die Mühle, 1952, 313. — **24.** Referat: Die Behandlung von Weizen und Roggen mit infraroten Strahlen. Die Mühle, 1953, 171.

III. Schutzgeräte für das Einsatzpersonal

Die Arbeit mit Pflanzenschutzgeräten und -mitteln macht zur Vermeidung von Unfällen und Vergiftungen häufig die Anbringung besonderer Schutzvorrichtungen oder Verwendung geeigneter Schutzgeräte notwendig.

Bei der Konstruktion von Pflanzenschutzgeräten sind, wie bei Herstellung anderer landwirtschaftlicher Maschinen, die Unfallverhütungsvorschriften zu beachten. Es sollte eine Selbstverständlichkeit sein, daß alle sich bewegenden und drehenden Geräteteile, die für das Einsatzpersonal eine Gefahr bedeuten, durch Schutzgitter, -deckel, -platten u. ä. gegen versehentlichen Zugriff und unbeabsichtigten Kontakt abgedeckt und abgesichert sind. Vor allem bei zapfwellengetriebenen Geräten ist die Anbringung eines Zapfwellenschutzes (1, 2, 3, 5, 6, 7) als unbedingte Notwendigkeit zu fordern (Abb. 357).

Geräte und Behälter, die unter Druck stehen (z. B. Hochdruckrückenspritzen, Kompressorspritzen, Dampfkessel usw.), sind mit sicher funktionierenden Sicherheitsventilen, die unzulässigen Überdruck ableiten, auszurüsten (siehe auch S. 377). Bei rückentragbaren Motorgeräten werden Vorrichtungen gefordert, die rasches Abwerfen bei Brand gestatten. Während des Betriebes heißwerdende Geräteteile sind, vor allem bei tragbaren Geräten, durch Schutzgitter abzudecken (Abb. 358). Bei fahrbaren Geräten sind die Sitze für den Bedienungsmann gut abzusichern. Der Sitz selbst soll einen hinten hochgezogenen Rand haben, so daß auch beim Einsatz des Gerätes unter schwierigen Geländeverhältnissen ein festes Sitzen möglich ist und ein Abrutschen verhindert wird. Fuß-

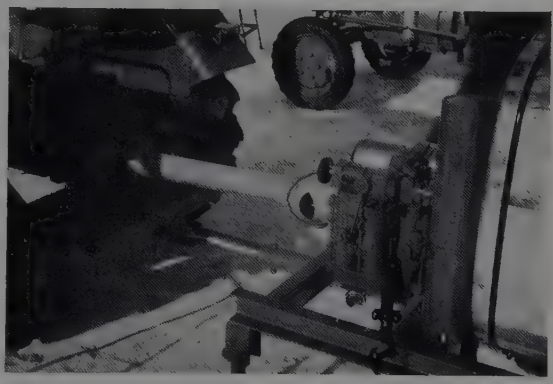


Abb. 357: Unfallgeschützte Teleskop-Gelenkwelle zur Verbindung von Anhängegerät mit der Zapfwelle des Schleppers (Aufnahme: OVA Jork)

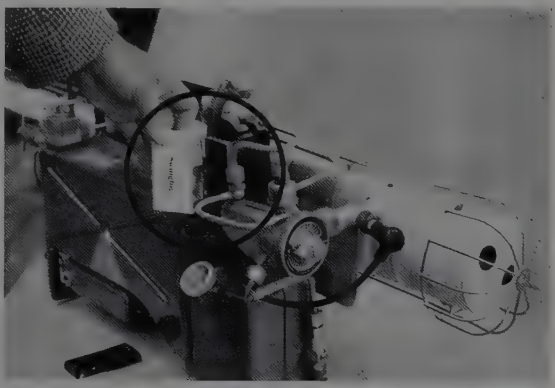


Abb. 358: Die heißwerdenden Teile des Schwingrohres sind durch ein Schutzgitter abgedeckt. (Werkbild: Heizmotoren)

stützen und Haltegriffe erhöhen die Sicherheit des Sitz- und Arbeitsplatzes. Bei motorgetriebenen Geräten müssen die Auspuffgase so abgeleitet werden, daß sie vom Bedienungsmann während des Arbeitens nicht eingeatmet werden können.

Die neueren Anwendungsverfahren wie Sprühen u. Nebeln, bei denen sehr kleine Tropfengrößen erzeugt werden, machen in Abhängigkeit von den verwendeten Mitteln genaue Beachtung von Schutzvorschriften erforderlich. Es wurde an anderer Stelle (Seite 450) bereits behandelt, daß diese kleinen Flüssigkeitstropfen je nach Größe sich entweder auf den Nasenschleimhäuten ablagern oder aber auch bis in die Lungenalveolen gelangen können.

Atemgifte liegen in Form von Gasen und Dämpfen oder in Form von Schwebstoffen und Grobstaub vor.

Schädliche Gase und Dämpfe, die in verschiedenster Zusammensetzung auftreten, bilden sich z. B. aus verdampfenden Flüssigkeiten. Sie sind meist unsichtbar, können aber, mit wenigen Ausnahmen (z. B. Kohlenoxyd, Quecksilberdämpfe) an ihrem Geruch oder auch an dem von ihnen bewirkten Nasen- oder Augenreiz festgestellt werden.

Schwebstoffe bestehen aus Teilchen in feinster (kolloidaler) Verteilung, die flüssig oder fest sein können. Im ersteren Falle spricht man von Nebel, im zweiten von Rauch oder Feinstaub. Schwebstoffe halten sich, wie der Name sagt, lange Zeit schwebend in der Luft, mit der sie eingeatmet werden. Gefährlich sind Schwebstoffe als Atemgift insofern, als entweder ihre Grundsubstanz an sich giftig ist, oder der kolloidale Verteilungsgrad sonst ungiftiger Stoffe Gesundheitsschädigungen hervorruft.

Die dritte Form der Atemgifte ist der Grobstaub, er wirkt, wenn es sich um giftige Pflanzenschutzmittel handelt, zumindest lästig. Ein Teil der verwendeten Pflanzenschutzmittel kann auf Grund seiner Eigenschaft außer zu akuten oder chronischen Vergiftungserscheinungen auch zu Hautverätzungen oder Verbrennungen bzw. dauerhaften Haut-, Haar- oder Kleiderverfärbungen führen. Bei ihrer Anwendung muß sich der Bedienungsmann entsprechend schützen. Je nachdem, ob ein Kontakt des Mittels mit der Haut, ein Eindringen durch die Haut oder eine Aufnahme bei der Atmung erfolgt, sind entsprechende Schutzgeräte oder geeignete Schutzkleidung auszuwählen.

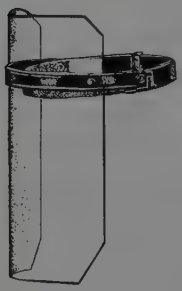
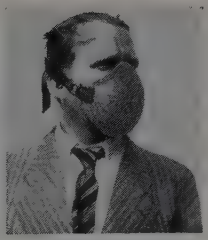


Abb. 359: Schutzschild für den Gesichtsschutz. (Nach Werkbild: Clorawerk — Schleich & Co.)

Als allgemein notwendig und empfehlenswert hat sich ein Spritzanzug erwiesen. Ein Halstuch und das Zubinden der Ärmel und Beinkleider wirkt sich vorteilhaft gegen das Eindringen von Staub- und Flüssigkeitsteilchen aus. Je nach Art des verwendeten Mittels ist es notwendig, Gummistiefel und Gummihandschuhe zu tragen. Die Verwendung von Gummihandschuhen ist vor allem beim Ansetzen giftiger Spritzbrühen, deren Wirkstoff durch die Haut eindringt, erforderlich. Ein Einfetten von Gesicht und Händen und sonstigen unbedeckten Körperteilen mit besonderen Hautschutzsalben schützt bei einer Reihe von Präparaten gegen rasches Eindringen durch die Haut und bei ätzenden und verbrennenden Mitteln gegen Hautschäden.

Gegen verwehende Spritz-, Sprüh- und Nebeltropfen ätzender Pflanzenschutzmittel (Karbolineen, Gelbkarbolineen, Gelbspritzmittel u. a.) schützt man sich durch Schutzschilde, die das Gesicht bedecken, aber freie Sicht gestatten (Abb. 359). Einer möglichen Augenreizung begegnet man durch Verwendung von Schutzbrillen, die zur Verhinderung des Anlaufens mit Klarsichtscheiben versehen sein sollten. Das Unangenehme an Schutzbrillen und den vorerwähnten Schutzschilden ist, daß sie meist nach kurzer Zeit von verwehenden Spritztröpfchen und Staubteilchen bedeckt sind und die Sicht und das genaue Arbeiten erschweren. Seitliche Durchlüftungsmöglichkeiten und hauchdünnes Einfetten wirken dem Beschlagen entgegen.

Gegen das Einatmen von Schwebstoffen kann man sich in einfachster Art durch ein befeuchtetes Taschentuch schützen, das man vor Mund und Nase bindet (8). Einen besseren Schutz ermöglichen Atemschützer (Abb. 360) oder Schutzmasken mit entsprechend wirksamem Filter. Das Tragen von Atemschützern ist zwar allgemein wenig beliebt, da das Atmen erschwert und vor allem bei höheren Temperaturen die Transpiration erhöht, die Verdunstung der Schweißtropfen aber herabgesetzt wird. Dennoch läßt sich die Benutzung bei Verwendung giftiger Pflanzenschutzmittel, die in der Dampf- oder Gasphase wirken, nicht umgehen. Die Ausbildung des Maskenkörpers und die Gestaltung des Filters ist dem jeweiligen Zweck angepaßt. Im einfachsten Falle kann der eigentliche Maskenkörper ganz fehlen. Das Ansatzstück zu einem Filter wird in den Mund genommen. Bei Verwendung solcher Mundstückgeräte („Schnuller") erfolgt die Atmung nur durch den Mund bei durch Klemmen verschlossener Nase (Abb. 361). Die Augen sind bei diesem Typ des Atemschützers ebenfalls frei.



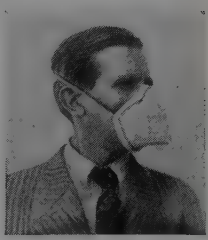


Abb. 360: Staubmasken gegen Grobstäube. a Leichte Staubmaske, b leichte Staubmaske mit Drahtkorb, c Gummischwammhalbmaske. (Werkbild: Stoltzenberg)

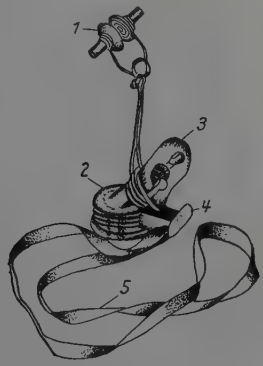


Abb. 361: Mundstückgerät. (Nach Werkbild: Auer). 1 = Nasenklemme, 2 = Anschlußstück für den Filtereinsatz, 3 = Atemmundstück, 4 = Kinnstütze, 5 = Tragband

Abb. 362: Halbmaske. (Nach Werkbild: Auer)

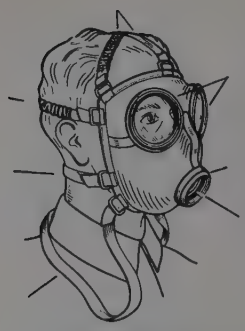


Abb. 363: Vollmaske (Filter abgeschraubt). (Werkbild: Auer)

Halbmasken (Abb. 362) bedecken Mund und Nase, lassen aber die Augen frei. In den Fällen, wo auch eine Augenreizung erfolgen kann, verwendet man Vollmasken (Abb. 363), die das ganze Gesicht bedecken. Atemschutzgeräte mit eigener Sauerstoffquelle, die ohne Heranziehen des Sauerstoffs der umgebenden Luft arbeiten, werden bei Pflanzenschutzmaßnahmen kaum benutzt. Selbst bei Durchführung von Begasungen reicht die Wirkungsdauer der Filter normalerweise aus. In Abhängigkeit von der Erscheinungsform der Atemgifte sind besondere Verfahren der Filterung notwendig. Man unterscheidet deshalb Gasfilter, Schwebstoff- oder Kolloidfilter, Grobstaubfilter und kombinierte Gas- und Schwebestoffilter.

Von der Wahl des für die jeweiligen Umstände richtigen Atemfilters hängt es ab, ob das Filtergerät sicher und wirtschaftlich arbeitet. Es ist deshalb wichtig, vor dem Einsatz von Atemfiltern ein klares Bild über deren Leistungsmöglichkeit und Leistungsgrenzen zu gewinnen.

Nach ihrer Wirkungsweise, und dementsprechend auch nach ihrem Anwendungsgebiet, kann man die Filter in 4 Gruppen einteilen:

1. Reine Gasfilter (ohne Schutz gegen Kohlenoxyd und Schwebstoffe).
2. Reine Schwebstoffilter (ohne Schutz gegen Gas und Kohlenoxyd).
3. Atemfilter zum Schutz gegen Gase und Schwebstoffe (ohne Kohlenoxydschutz) und
4. Atemfilter zum Schutz gegen Kohlenoxyd.

Die unter 1—3 genannten Filtergruppen haben im Pflanzen- und Vorratsschutz Bedeutung. Es gibt Übergänge und Kombinationen der vorgenannten Typen.

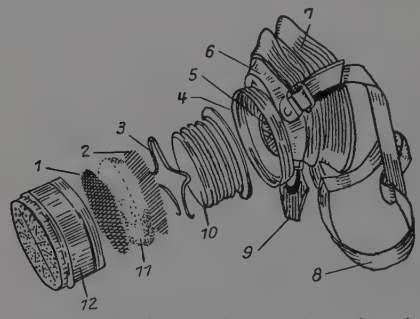


Abb. 364: Staubmaske mit Filtereinsatz für Grob- und Feinstaub. (Nach Werkbild: Auer). 1 und 2 = Zwischensieb, 3 = Haltefeder, 4 = Filteraufnahme, 5 = Einatemventil, 6 = Maskenkörper, 7 = Dichtrahmen, 8 = Kopfband, 9 = Ausatemventil, 10 = Kammerfilter, 11 = Wattevorfilter, 12 = Filtertopf

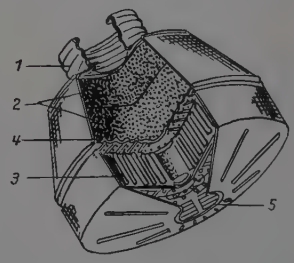


Abb. 365: Filtereinsatz mit Gas- und Schwebstoffilter. 1 = Rundgewindeanschluß, 2 = Aktivkohle (Gasfilter), 3 = Ringfilter (Schwebstoffilter), 4 = Lochscheibe und Sieb, 5 = Lufteintrittsöffnung. (Nach Werkbild: Auer)

Abb. 364 zeigt Aufbau eines Filtereinsatzes mit Feinstaub- und Grobstaubfilter. In Abb. 365 ist ein Filtereinsatz mit Schwebstoff- und Gasfilter abgebildet. Filter sind in der Regel durch Kennfarben und Kennbuchstaben bezeichnet, die auch im Pflanzenschutz Bedeutung haben und gebraucht werden. Es wirken z. B.:

Atemfilter A (Kennfarbe: braun) gegen alle organischen Dämpfe und sämtliche Lösungsmitteldämpfe. Im Pflanzen- und Vorratsschutz werden sie z. B. bei Anwendung von Äthylenoxyd (T-Gas) verwendet. Sie sind außerdem wirksam gegen Schwefelkohlenstoff und Tetrachlorkohlenstoff.

Atemfilter B (Kennfarbe: grau) gegen Blausäure (niedriger Schutz) und Formaldehyd).

Atemfilter D (Kennfarbe: grau/gelb) gegen belästigende Staube (Grobstaube).

Atemfilter G (Kennfarbe: blau) gegen Blausäure (erweiterter Schutz).

Atemfilter Hg (Kennfarbe: braun/rot) gegen Quecksilberdämpfe und Staub von Quecksilber und Quecksilberverbindungen.

Atemfilter I (Kennfarbe: blau/braun) gegen Zyklon.

Atemfilter O (Kennfarbe: grau/rot) gegen Phosphorwasserstoff, sowie auch gegen Blausäure und Formaldehyd, gegen letztere aber in etwas geringerem Maße als das Atemfilter B.

Atemfilter R (Kennfarbe: gelb/braun) schützt gegen Schwefelwasserstoff und auch gegen Äthylenoxyd (T-Gas) jedoch in etwas geringerem Maße als das Atemfilter A.

Im Rahmen des Gasschutzes spielt der Gasrest-Nachweis eine sehr wichtige Rolle. Es ist einleuchtend, daß z. B. bei der hohen Giftigkeit der Blausäure (4) auch noch Spuren des Gases, die bei ungenügender Lüftung zurückbleiben, verhängnisvolle Folgen haben können. Es ist daher von vornherein besonderer Wert auf eine entsprechende Sicherung durch empfindliche Gasproben gelegt worden. Es soll hier nicht in Ausführlichkeit auf alle Gasrestnachweise eingegangen werden. Als wichtigste Methoden sind zu nennen der Nachweis mittels Guajakharzlösung bei Gegenwart von Cuprisalz, die Nachweise mit Benzidinacetat und Kupferacetat, sowie mit Methylorange-Quecksilberchloridpapier. Die Methode mit Natronkalk-Kieselgeltabletten hat keine Verbreitung gefunden. Gebräuchlich ist der Blausäure-Nachweis mit Cu- und Benzidinacetat, die für Begasungszwecke modifiziert wurden. Die Empfindlichkeit dieses Nachweises ist sehr groß.

1. Brenner, W. G., & H. Gaus: Besser schützbare und besser geführte Zapfwellentriebe. Landtechn. Forschung, 1/1951.

2. Gaus, H.: Die Schiebewelle des Zapfwellenantriebes. Landtechn. Forschung 1/1952.

3. Fischer-Schlemm, W. E., & H. Scheffter: Die Kraftübertragung durch Gelenkwellen bei landwirtschaftlichen Schleppern. Landtechn. Forschung 1/1951.

4. Peters, G.: Blausäure zur Schädlingsbekämpfung. Aus Sammlung chem. und chem.-techn. Vorträge 1933, Heft 20.

5. Sack, H.: Der Zapfwellenantrieb und sein Unfallschutz. Tidl., *24*, 4/1943. — 6. Schröter, K.: Wirksam geschützter Zapfwellenantrieb. Landtechnik, *9*, 219—221, 1954. — 7. Schröter, K.: Gelenkwellen in der Landwirtschaft. Landmaschinen-Markt, 1954, *33*.

8. Zillig, H.: „Schutzgerät für Stäubearbeiten" in Sorauers Handbuch der Pflanzenkrankheiten, VI/1, 232—233, 1941.

IV. Pflege der Pflanzen- und Vorratsschutzgeräte

Pflegliche Behandlung der Pflanzenschutzgeräte vor, während und nach der Verwendung verhindert empfindliche Schäden (1).

Vor dem Einsatz muß sich der Benutzer eines Gerätes genau mit den Anwendungsvorschriften vertraut machen, so daß er die Technik der Anwendung richtig beherrscht. Er muß vor Inbetriebnahme die dem Gerät beigefügte Betriebsanleitung durchlesen und beachten. Man sollte sich von einem Monteur der Herstellerfirma das Auseinandernehmen und Montieren des Gerätes eingehend erklären lassen. Vor dem endgültigen Gebrauch ist zunächst mit klarem Wasser zu spritzen, zu sprühen oder zu nebeln, um zu prüfen, ob alle Teile richtig funktionieren. Bei Motorgeräten ist hierbei und beim endgültigen Einsatz darauf zu achten, daß sich der Saugschlauch in Flüssigkeit befindet, damit die Gummikolben in der Pumpe nicht trocken laufen und dadurch unbrauchbar werden. Die erste Inbetriebnahme jedes Pflanzenschutzgerätes sollte möglichst im Beisein des Monteurs oder des Technikers des zuständen Pflanzenschutzamtes erfolgen, der auch zugleich Aufklärung und Hinweise über die am häufigsten auftretenden Störungen und deren Beseitigung geben kann.

Ersatzteile, die raschem Verschleiß unterliegen, wie Dichtungen, Ventile und Ventilsitze, Kolben, Manschetten, Düsen, Verteiler, Verbindungsschläuche und -rohre, Schlauchverbindungsstücke u. a., sollten in einer der Gerätezahl entsprechenden Menge vorhanden sein. Der Werkzeugsatz für Pflanzenschutzgeräte darf nur für diese benutzt werden. Dann paßt im Bedarfsfalle jeder Schlüssel und ist immer zur Hand.

Beim Einsatz hat zunächst bei der Verwendung flüssiger Pflanzenschutzmittel die Aufbereitung von Brühe und das Einfüllen in das Gerät streng nach der Vorschrift zu geschehen. Schwefelhaltige Mittel dürfen nicht mit Kupferteilen in Verbindung gebracht werden. Brühen müssen gut umgerührt werden. Das Einfüllen der angesetzten Brühen und das Nachfüllen des fehlenden Wassers darf nur durch das Einfüllsieb erfolgen. Die Maschenweite des Siebes soll nicht über 1 mm betragen. Die sonst noch in den Geräten vorhandenen Siebe — in der Saug- und Spritzleitung vor den Düsen — dürfen nicht entfernt werden, sondern sollten oftmals kontrolliert und gereinigt werden.

Keine Hochdruckspritze darf ohne Sicherheitsventil verwendet werden. Eine eventuell notwendige Umstellung von Ventilen (andere Druckstufe) darf nicht vergessen werden. Die Manometer müssen in Ordnung sein.

Gefüllte Druckbehälter läßt man nicht längere Zeit, z. B. während der Mittagszeit, in der prallen Sonne stehen, da durch Ausdehnung der erwärmten Luft im Behälter ein Druckanstieg verursacht wird.

Die wichtigsten Pflegemaßnahmen ergeben sich nach dem Einsatz.

Unmittelbar nach ihrer Verwendung werden die Schädlingsbekämpfungsgeräte mit heißem Wasser unter Zusatz eines guten Reinigungsmittels sofort gereinigt und mit klarem Wasser gut nachgespült. Besondere Sorgfalt ist nach der Verwendung wuchsstoffhaltiger Unkrautbekämpfungsmittel geboten (Holzbehälter meiden!). In diesem Falle ist bei Metallfässern dem Reinigungswasser Aktivkohle zuzusetzen (100 g Aktivkohle auf 100 Liter Wasser nach kräftigem Umrühren über Nacht im Brühe-

behälter stehen lassen und vor dem Auslaufenlassen einen Teil dieser aufgeschwemmten Aktivkohle verspritzen. Anschließend mit klarem Wasser durchspülen). Bei Gummiteilen ist insbesondere nach dem Ausbringen von Obstbaumkarbolineum und Baumspritzmitteln die sofortige Reinigung erstes Gebot. Gequollene Gummiteile müssen ersetzt werden.

Holzbehälter sind nach der Reinigung zum Schutz gegen Austrocknen und Leckwerden mit nassen Säcken abzudecken und an schattigen Plätzen aufzubewahren. Das Abdeckungsmaterial ist von Zeit zu Zeit erneut anzufeuchten.

Bei Metallbehältern werden nach der Spülung die sich innen leicht ansetzenden und verhärteten Brüherückstände oder Staubkrusten mit einem Holzspan abgestoßen. Niemals dürfen hierfür Metallwerkzeuge benutzt werden, da sie feinste Risse und Riefen hervorrufen können. Dies gilt besonders für unter Druck stehende Behälter, wie Hochdruckrückenspritzen, selbsttätige Spritzen und Windkessel.

Bei Geräten mit nachstellbaren Gummikolben müssen diese entspannt werden. Sie kleben sonst leicht an den Zylinderwandungen fest und zerreißen beim Wiedergebrauch. Druck- und Saugventile müssen herausgenommen und gründlich gereinigt werden. Besonders die Ventilsitze sind auf ihren Zustand zu untersuchen und gegebenenfalls auszuwechseln. Das Ölbad der Pumpengetriebe bei Motorpumpen muß einmal im Jahr erneuert werden. Die zum Verschmutzen neigenden Teile eines Gerätes werden auseinander genommen. Nach dem Reinigen werden alle blanken Metallteile leicht mit Maschinenöl eingerieben. Man verwendet hierzu Altöle. Dieselöl ist nicht brauchbar, da es zu Rostbildung führt. Beim anschließenden Zusammenbau sind alle Verschlüsse nur lose zu verschrauben, da sonst die Dichtungen über Winter verhärten oder brechen.

Bei Spritzrohren, vor allem bei Bambusrohren, werden zweckmäßig die Schlauchanschlüsse gelöst. Die Rohre werden vollkommen von Flüssigkeit entleert. Sie werden trocken und schattig schrägliegend aufbewahrt. Die Schläuche werden ebenfalls entleert und knickfrei, kühl und trocken gelagert. Kurze Schläuche werden aufgehängt.

Alle Sicherheitsvorrichtungen müssen überprüft werden, vor allem die Sicherheitsventile der unter Druck stehenden Behälter, bei denen der im Sommer gehaltene Druck (3 atü) abgelassen werden muß. Hierbei muß große Vorsicht geübt werden.

Spritzen werden vom Druck auf folgende Art befreit: auf demselben Weg, wie die Spritzbrühe in das Gerät gepumpt wurde, werden 3 bis 4 Liter Wasser eingefüllt. Sodann wird die Rückenspritze kurz ruckartig auf den Kopf gestellt und das Entweichen der Luft kann nunmehr durch das Abstell-Ventil erfolgen.

Der freie Durchgang nach den Ventilen muß geprüft und die Ventile selbst müssen genauestens auf ihre weitere Verwendbarkeit untersucht werden.

Behälter müssen vor Frost geschützt werden. Bei höheren Kältegraden werden und bleiben die meisten Werkstoffe spröde und sind hohen Beanspruchungen nicht mehr gewachsen. Äußerlich sind derartige Materialveränderungen nicht wahrzunehmen. Frostrisse können nicht mehr repariert werden. Sind frostfreie Räume nicht vorhanden, müssen empfindliche Geräteteile, z. B. Windkessel, Manometer und Spritzrohre, durch Abdecken oder Einwickeln frostgeschützt werden (z. B. Umwickeln mit zusammengeballtem Zeitungspapier, das mit Säcken fest überbunden wird.

Schließlich müssen die Geräte in einem Schuppen untergestellt werden und nicht Sommer und Winter im Freien stehen, so daß sie schutzlos allen Unbilden der Witterung ausgesetzt sind. Das Einstellen in einen Schuppen verlängert die Lebensdauer der Maschine. Das Gerät muß auch im Unterstellraum gut zugänglich sein, um notwendige Pflegemaßnahmen nicht zu erschweren (2).

Schmiermittel, Reinigungsmittel und Ersatzteile müssen griffbereit stehen.

Messinggeräte dürfen nicht in der Nähe von Stallungen oder gar in Stallungen aufbewahrt werden, da Ammoniakgase Metalle angreifen. Gummibereifte Pflanzenschutzgeräte sind bei längerem Stillstand aufzubocken.

Wenn auf die Pflege der Geräte zu jeder Zeit die erforderliche Sorgfalt verwendet wird, dann sind sie lange Jahre einsatzbereit (3, 4). Unnötige Kosten werden erspart, und es ist vor allen Dingen alles getan worden, um Unglücksfälle zu vermeiden.

1. Koch, H., L. Rump & H. Hülsenberg: Geräte im Pflanzenschutzdienst, gut gepflegt — stets einsatzbereit. Flugblatt des AID, 1955.

2. Ext, W.: Feldspritze richtig einstellen, Bauernblatt Schlesw.-Holst., *101*, 1951, 655.

3. Whittaker, E. C.: The care and maintenance of orchard machinery and equipment, Agric. Gaz. N.S. Wales, *54*, 1943, 114—115.

4. Christoff, A.: Possibility for protection of orchard sprayers and other machineries from the corrosive action of the solutions used in the control of diseases in horticulture. Jahrb. landw. Forschg.-Vers.-Inst., *1*, 1943, 71—86.

V. Amtliche Geräteprüfung

Wie bei Pflanzenschutzmitteln ist auch bei Pflanzenschutzgeräten die Durchführung einer amtlichen Prüfung (8, 27) vorteilhaft. Es genügt nicht, wenn nur Erfinder oder auch beteiligte Ingenieure und landwirtschaftliche Praktiker allein mehr oder weniger subjektiv die Brauchbarkeit eines Gerätes beurteilen. Erst nach Prüfung durch eine neutrale Stelle, die sich aus einer größeren Zahl von Fachwissenschaftlern und Praktikern zusammensetzt, ist es möglich, ein objektives Werturteil zu fällen. Nach Durchführung amtlicher Prüfungen können der Praxis und den Verwaltungsbehörden sowie für den Export brauchbare Pflanzenschutz- und Vorratsschutzgeräte nachgewiesen werden. Gleichzeitig ergeben sich für den Konstrukteur und Hersteller Wege zur weiteren Ausarbeitung und Verbesserung der Geräte, das Fertigungsrisiko der Industrie wird vermindert. Der Wettbewerb der Hersteller untereinander läßt sich durch gemessene und nachgeprüfte Zahlenwerte auf eine faire Grundlage stellen, der Phantasie von Werbefachleuten werden gewisse Zügel angelegt. Die Maschinen werden besser an die durch Natur, Klima, Landschaft, Bodenart und -zustand, durch Pflanzen, Tier und Mensch und durch Betriebsstruktur gegebenen Verhältnisse angepaßt. Das Geräteeinkaufsrisiko für den Verbraucher wird herabgesetzt. Firmen, die wegen eines nicht so zwangsläufig festgelegten Fertigungprogrammes entwicklungsfreudig sind, u. U. aber nicht über einen großen Entwicklungsstab verfügen, können sich einer neutralen Prüfungsstelle bei der Funktionserprobung bedienen.

Die amtliche Prüfung der im Pflanzen- und Vorratsschutz benötigten Geräte und der besonderen Einzelteile von Geräten ist in der Bundesrepublik Deutschland nach dem Gesetz zum Schutze der Kulturpflanzen vom 26. August 1949 Aufgabe der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Braunschweig.

Entsprechend dieser gesetzlichen Regelung sind von der Biologischen Bundesanstalt Bedingungen und Richtlinien für die amtliche Prüfung der Pflanzenschutz- und Vorratsschutzgeräte aufgestellt worden (27).

Die Bedingungen enthalten die wichtigsten Hinweise für die Vorbereitung und für den Ablauf der Prüfung. Sie erläutern den Zweck der Prüfung, schreiben den Weg der Zulassung zur Prüfung vor, legen die Art der Durchführung der Prüfung einschließlich der Bereitstellung der Geräte fest. Sie machen Angaben über die Behandlung der Prüfungsergebnisse und zeigen die Erfordernisse an, die zu Anerkennung der Geräte oder Geräteteile als „brauchbar für den Pflanzenschutz" führen.

Die Richtlinien sind für die unmittelbare Ausführung der verschiedenen Prüfungsarten der Hauptprüfung vorgesehen.

Neben der Hauptprüfung bestehen Prüfungen, die ihrem Zweck entsprechend nicht nach festen Richtlinien durchgeführt werden können. Diese Prüfungen werden nur in Sonderfällen angesetzt. Für neuartige Geräte ist eine Vorprüfung als Entwicklungsprüfung vorgeschrieben. Eine Nachprüfung ist dann erforderlich, wenn festgestellt werden soll, ob bei einer Hauptprüfung festgestellte gröbere Mängel an einem Gerät oder Geräteteil, die während der Hauptprüfungszeit (einer Vegetationsperiode) nicht abzustellen waren, die aber nicht unbedingt eine Ablehnung des Gerätes oder Geräteteiles rechtfertigten, und deren Abstellung der Herstellerfirma daher empfohlen worden war, beseitigt sind. Eine Vergleichsprüfung kann vorgesehen werden, wenn außer dem Verwendungswert auch der Wert im Vergleich mit Geräten der gleichen Art festgestellt werden soll, um dadurch einen Überblick über den Stand der Entwicklung zu bekommen. Sie wird im Benehmen mit der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG) durchgeführt.

Die Ergebnisse der Hauptprüfung sind die maßgebende Grundlage für die Bewertung der Brauchbarkeit des Gerätes oder Geräteteiles durch einen Prüfungsausschuß und gegebenenfalls für die Anerkennung durch die Biologische Bundesanstalt.

Die Hauptprüfung muß von jedem bei der Biologischen Bundesanstalt zur Prüfung angemeldeten Gerät oder Geräteteil durchlaufen werden. Die Beteiligung des Geräteherstellers an der amtlichen Prüfung ist freiwillig, jeder Zwang dazu wird abgelehnt.

Da die Beurteilung sowohl dem Verbraucher als auch dem Hersteller von Nutzen sein soll, beschränkt sich die Prüfung nicht auf die rein technische Eignung eines Gerätes oder Geräteteiles, sondern umfaßt auch die Bewertung der Ergebnisse des praktischen Einsatzes. Die Hauptprüfung wird demnach in eine Einsatzprüfung und in eine technische Prüfung gegliedert.

Je nach dem Entwicklungsstand liefert die Einsatzprüfung oder die Meßprüfung die wichtigsten Unterlagen für die Verwendungswertbestimmung des Gerätes oder Geräteteiles. Beide Prüfungsarten sind also für die Gesamtbeurteilung unentbehrlich.

Durch enge Zusammenarbeit der Biologischen Bundesanstalt mit Pflanzenschutzämtern, Weinbauanstalten, Obstbauversuchsanstalten, forstlichen Versuchsanstalten und sonstigen Forschungsanstalten und Dienststellen der Länder und mit führenden Stellen der landwirtschaftlichen Praxis (Gutsverwaltungen, Weinbaudomänen usw.) stehen eine große Zahl an Einsatzstellen für die Durchführung der praktischen Prüfung zur Verfügung.

Die technische Prüfung (12, 13) wird im Rahmen der Mittelprüfung im Institut für Geräteprüfung der Biologischen Bundesanstalt durchgeführt. Sie sieht die Nachprüfung der technischen Gerätedaten und insbesondere die Feststellung von Leistungswerten und die Aufnahme von Leistungsdiagrammen vor.

Als Richtlinien, nach denen diese Messungen und Prüfungen durchgeführt werden, sind Vordrucke vorhanden, die in Zusammenarbeit mit der Fachgemeinschaft Landmaschinen die Wünsche der geräteherstellenden Industrie berücksichtigen, und die sämtliche technisch wichtigen Werte enthalten. Der zunächst freigelassene Raum für die Meßwerte wird sofort nach dem Vorliegen der Meßergebnisse mit den ermittelten Zahlenwerten ausgefüllt. Ein Teil der Daten der Leistungsbestimmungen wird in Form von Kurven oder Diagrammen aufgezeichnet und dem zugehörigen Vordruck in Form von zusätzlichen Blättern angeheftet. Die Testbögen sind in Reihen für die Angaben über den Gerätetyp und für die Festlegung der wichtigsten allgemeinen Konstruktions- und Gerätedaten sowie in Abschnitte und Tabellen zur Eintragung der Leistungswerte aufgegliedert. Auf die Leistungsdaten wird besonderes Gewicht gelegt. Rührwerk bzw. Dosierungsvorrichtung, Aggregat (Motor, Pumpe bzw. Gebläse, Düse bzw. Staubverteiler) als Einzelteile und im Zusammenwirken sowie Gesamtgerät allgemein (Lenkfähigkeit und Zugkraft) werden nach den neuesten Erfordernissen genau untersucht.

Nach Abschluß der Gesamtprüfung wird der Herstellerfirma ein mit den nachgeprüften oder festgestellten technischen Daten ausgefüllter Vordruck als amtlicher technischer Test zusammen mit den Ergebnissen der Einsatzprüfung und der Mitteilung der Stellungnahme des Prüfungsausschusses ausgehändigt.

Neben der Tatsache, daß die Meßergebnisse sofort eingetragen werden können, haben diese Testbögen den Vorteil, daß bei dem stets im Aufbau (nicht in den Werten) einheitlichen Gesamttest der Vergleich mit den Ergebnissen bei anderen Geräten oder Geräteteilen gleicher Art sofort übersichtlich und einwandfrei möglich ist.

Einige wichtige Meßgeräte und Prüfeinrichtungen (12, 13) sind folgende:

Abb. 366 zeigt eine Gespannspritze auf dem Prüfstand. Die Betätigung der Pumpen erfolgt vom Fahrwerk aus. Die Umfangsgeschwindigkeit der einen der beiden in der Abbildung sichtbaren Walzen, die durch einen Elektromotor über ein Vorgelege angetrieben wird, wird auf die Fahrräder der Spritze übertragen. Mit Hilfe des (in der Abbildung nicht sichtbaren) Vorgeleges können 14 verschiedene Geschwindigkeiten eingestellt werden, so daß Nachahmungen der Ganggeschwindigkeit des Zugtieres in Abstufungen von 0,6 bis 1,4 m/sec möglich sind. In dem interessierenden Bereich von 0,8 bis 1,2 m/sec können also alle Untersuchungen im Stand durchgeführt werden, wie sie sonst ohne Prüfstand nur sehr schwer möglich wären.

Bei Gespannfeldspritzen ist u. a. einmal die Kenntnis der Ausbringmengen an Spritzbrühe je ha in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit und zum anderen die Kenntnis der Verteilung der Spritzflüssigkeit wichtig.

Die Anordnung nach Abb. 366 ist vorgesehen für die Feststellung von l/ha in Abhängigkeit von m/sec. Auf die Spritze wird mit Hilfe des Prüfstandes die Anzahl der Umdrehungen der Fahrräder übertragen, die sich für das Bespritzen eines Hektars aus Arbeitsbreite und Fahrradumfang der Spritze bestimmen läßt. Die Spritzzeit wird gemessen, der Druck wird beobachtet und die aus den Düsen aus-

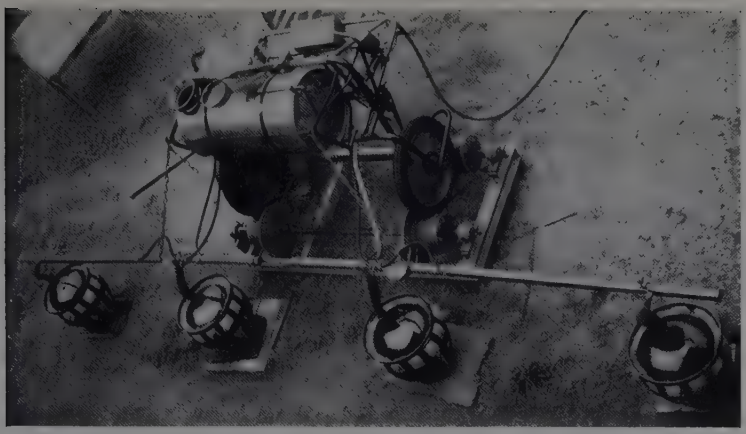


Abb. 366: Prüfstand für Gespannfeldspritzen (Bestimmung der Ausbringmenge in l/ha und l/min in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit in m/sec) (Photo: Biol. Bundesanstalt, Braunschweig)

tretende Flüssigkeit wird durch über die Düsen gezogene Schläuche in Ballonflaschen geleitet, darin aufgefangen und dann ausgelitert. Ergebnisse von Feststellungen der Hektar-Ausbringungsmenge an Spritzbrühe in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit siehe Diagramme der Abb. 198 und 199.

Die Vorrichtung zur Bestimmung der Verteilung der Spritzbrühe ist in Abb. 367 zu sehen. Auf einem verstellbaren Tisch, der die Einstellung der jeweils erforderlichen Abstände der Düsenaustrittsquerschnitte von der Auffangebene genau ermöglicht, sind quadratische Kästen mit einer Kantenlänge von 10 cm zum Auffangen der Flüssigkeit aufgebaut. Eine zweckmäßige Ausführung ermöglicht ein Ineinanderschachteln der Kästen, so daß beim Zusammenstellen kein Zwischenraum entsteht, in dem Flüssigkeit verloren gehen könnte. Die zu untersuchende Spritze wird wieder auf dem Prüfstand in Betrieb gesetzt (1,0 m/sec Umlaufgeschwindigkeit), und die Spritzflüssigkeit wird während eines bestimmten Zeitraumes in den Kästen aufgefangen. Beim Reduzieren der aufgefangenen Mengen auf die Spritzdauer von 1 sec bzw. $^1/_{10}$ sec. (bei der Bestimmung

Abb. 367: Prüfstand für Gespann-Feldspritzen (Bestimmung der Flüssigkeitsverteilung) (Photo: Biol. Bundesanstalt Braunschweig)

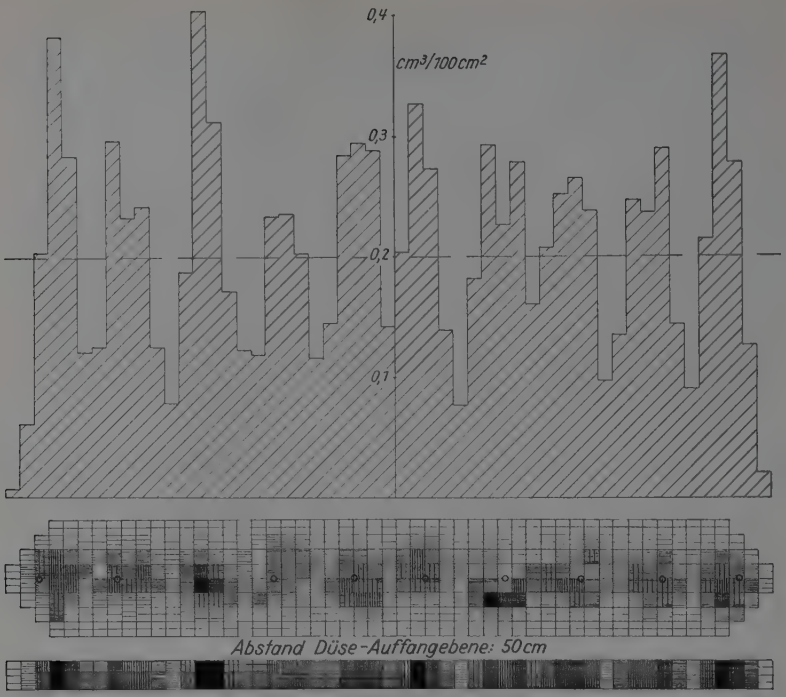


Abb. 368 a: Beispiel der Querverteilung der Spritzflüssigkeit bei einer Feldspritze mit einem Düsenrohr mit 10 Düsen, 50 cm Abstand von der Spritzebene (Biol. Bundesanstalt, Braunschweig)

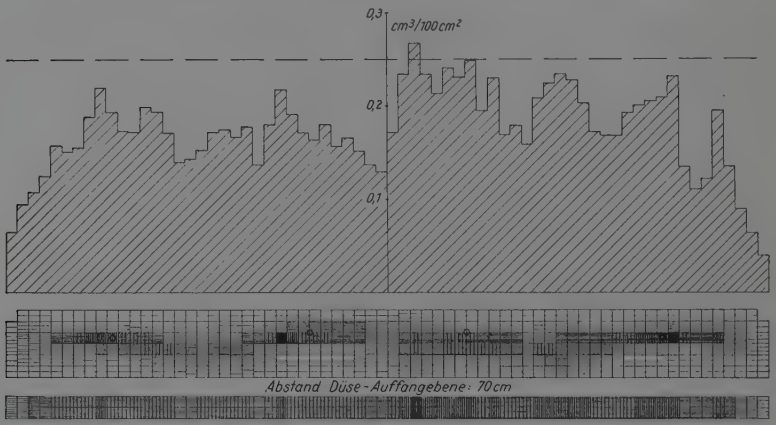


Abb. 368 b: Beispiel der Querverteilung der Spritzflüssigkeit bei einer Feldspritze mit einem Düsenrohr mit 10 Düsen, 70 cm Abstand von der Spritzebene (Biol. Bundesanstalt, Braunschweig)

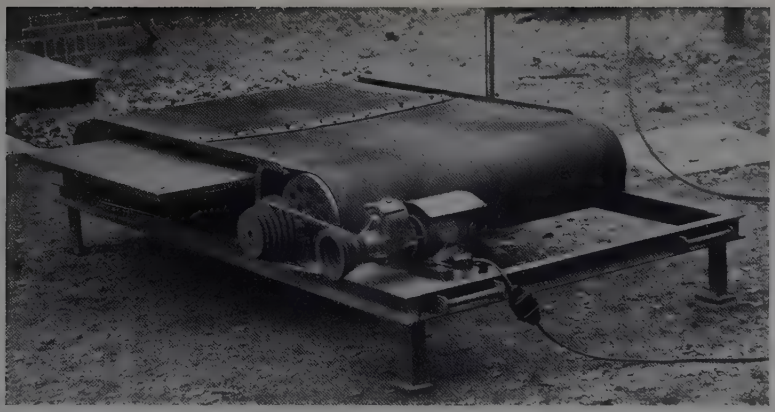


Abb. 369: Gerät zur Herstellung von Düsenspritzbildern (Aufnahme: Biol. Bundesanstalt, Braunschweig)

der Verteilung über die Arbeitsbreite) erhält man auf diese Weise sehr gute Durchschnittswerte. Nach dem Auslitern der einzelnen Kästcheninhalte ergibt jeweils die Summe der Inhalte der Kästen einer Querreihe, reduziert auf eine Spritzdauer von $^1/_{10}$ sec, sehr genau einen der Werte des Verteilungsbildes der Spritzflüssigkeit über die Arbeitsbreite (also über einer gesamten Längsreihe) in cm^3 Flüssigkeit je 100 cm^2 Auffangfläche bei 1 m/sec Fahrgeschwindigkeit. Es ist dabei kein Fahren der Spritze über die feststehenden Kästen bzw. kein Vorbeiziehen der Kästen unter der stillstehenden Spritze nötig. Das Beispiel der Darstellung einer Querverteilung der Spritzflüssigkeit aus den Meßergebnissen zeigt Abb. 368.

Ein Gerät, das zur Herstellung eines Spritzbildes unter stets gleichbleibenden Verhältnissen — insbesondere bei kurzzeitiger und immer konstanter Spritzdauer — entwickelt wurde, zeigt Abb. 369. Das Gerät ist sehr vielseitig für eine Reihe von weiteren Untersuchungen an einem Spritz-, Sprüh- oder Nebelstrahl oder an Kombinationen derartiger Flüssigkeitsstrahlen verwendbar. Die Unterlagen für die sehr wichtige Bestimmung der Tröpfchengrößen werden insbesondere mit diesem Gerät gewonnen.

Ein über zwei Walzen umlaufendes Gummituch ist an einer Stelle durch einen in der Breite verstellbaren Schlitz unterbrochen. Ein über dem Tuch aus einer Düse versprühter Strahl trifft bei einem einmaligen Vorbeilaufen des Schlitzes durch diesen auf eine unmittelbar unter dem Schlitz auf einem ausziehbaren Blech aufgelegte Unterlage (Barytkarton, Glasplatte, verchromte Blechplatte). Bei der vorliegenden Ausführung kann auf diese Weise infolge der Verstellmöglichkeit der Schlitzbreite und durch Verändern der Umfangsgeschwindigkeit des umlaufenden Gummituches mit Hilfe eines Keilriemenvorgeleges das Spritzbild bei Spritzzeiten zwischen 1/10 und 1/1000 sec festgehalten werden, um es dann für weitere Auswertungen zu verwenden. Die zur Untersuchung jeweils eingeschraubte Düse mit Düsenrohr oder auch ein auf dem Spritzrohr angeordneter Düsensatz ist an einem Ständer auf jede gewünschte Höhe einstellbar und außerdem schwenkbar.

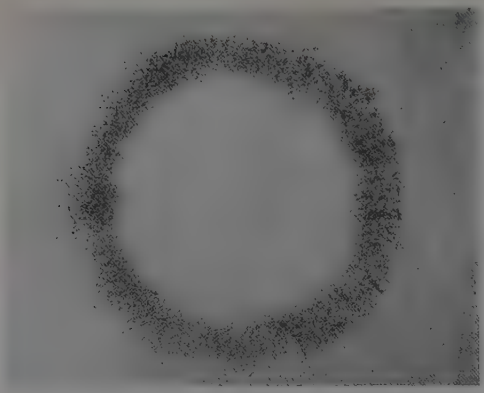


Abb. 370 a

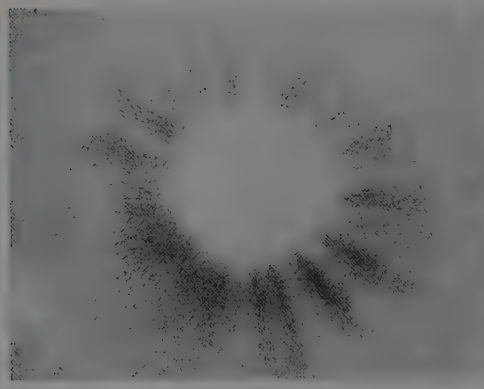


Abb. 370 b

Abb. 370 c

Abb. 370 a, b, c: Schnitte durch Spritzstrahlen verschiedener Düsen. a = Ring-Querschnitt bei einer Dralldüse, b = Stern-Ring-Querschnitt bei einer offenen Pralldüse, c = Band-Querschnitt bei einer Flachstrahl-Pralldüse (Biol. Bundesanstalt, Braunschweig)

Die Abb. 370 bringt die Aufnahmen der charakteristischen Formen der Spritzstrahlen verschiedenartiger Düsen, wie sie als Schnitte durch die mit Tusche eingefärbten Wasserstrahlen mit der Apparatur nach Abb. 369 möglich waren. Abb. a zeigt den Ringquerschnitt wie ihn eine Dralldüse ausbringt. Strahlenförmig und in die Breite spritzt die offene Pralldüse und bildet einen Stern-Ring-Querschnitt, wie er in Abb. b zu sehen ist. Der Spritzstrahl einer Flachstrahl-Pralldüse ist bei senkrecht nach unten gerichtetem Strahl ein schmales, leicht gewölbtes Band entsprechend Abb. c.

Die Bestimmung der Tröpfchengröße und -anzahl erfolgt mit einem Gerät zur automatischen Zählung und Größenanalyse mikroskopischer Teilchen, das von der Ingenieurabteilung der Farbenfabriken Bayer AG. in Leverkusen entwickelt wurde (Abb. 371).

Die erforderlichen Werte für die Feststellung der mechanischen Leistungen und der Wirkungsgrade der Pumpen als eines der wichtigsten Elemente der Spritzen werden mit einem Pendelmotor oder

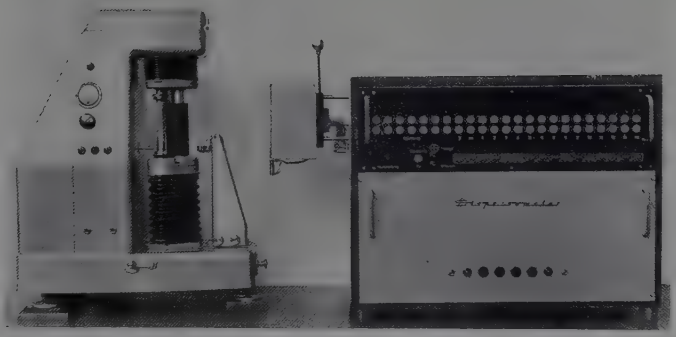


Abb. 371: Gerät zur automatischen Tröpfchengrößen- und -anzahl-Bestimmung (Dispersometer) (Werkbild: Bayer, Farbenfabriken)

mit einem Torsions-Kraftmesser gemessen (aus der Bestimmung des Drehmomentes bei verschiedenen Drehzahlen).

Mit diesen wenigen Vorrichtungen sind einige wichtige Prüfeinrichtungen für die Aufnahme einer Reihe von Leistungswerten an Spritzgeräten genannt worden. Die Meß- und Prüfeinrichtungen für die Untersuchung von Spritzen (in Kombination mit einigen Meßeinrichtungen für Stäubegeräte auch für die Prüfung von Sprüh- und Nebelgeräten verwendbar) sind damit natürlich noch nicht vollständig, und es werden weitere Geräte eingesetzt, die hier nicht alle aufgeführt werden können. Außerdem müssen neben immer wieder verwendbaren Meß- und Prüfgeräten von Fall zu Fall Spezialapparaturen für die Prüfung in Sonderfällen geschaffen werden.

Die Leistungsaufnahme der größeren Gebläse bei Stäubegeräten (1) und bei Sprüh- und Nebelgeräten ist ebenfalls mit dem Prüfstand zur Bestimmung von Drehmomenten (Pendelmotor) feststellbar. Zur Erfassung weiterer Leistungsdaten an Stäubegeräten ist die Kenntnis insbesondere der erzeugten Windgeschwindigkeit, der Winddruckverteilung, der Windmenge, der Staubmenge, der Staubdichte und der Staubverteilung notwendig.

Die Windgeschwindigkeit (m/sec) und die Winddruckverteilung werden mit Prandtl-Staurohren und dem Projektionsmanometer nach KRELL oder Feindruckmessern der Firma Wilhelm Lambrecht in Göttingen gemessen. Für niedere Luftgeschwindigkeiten werden

Abb. 372: Projektionsmanometer nach Betz mit Prandtl-Staurohren für die Messung von Windgeschwindigkeit und Winddruckverteilung (Aufnahme: Biol. Bundesanstalt, Braunschweig)

Venturirohre oder das Thermo-Geschwindigkeitsgerät nach Eujen verwendet (Abb. 373).

Aus dem Staudruck (= Gesamtdruck vermindert um den statischen Druck), der in einfacher quadratischer Beziehung zur Strömungsgeschwindigkeit steht, kann diese sehr schnell berechnet werden. Aus der Strömungsgeschwindigkeit und der Querschnittsfläche der Rohrleitung des zu prüfenden Gerätes kann auch die Durchflußmenge bestimmt werden.

Für die Feststellung der Windmenge (m^3/min) besonders bei intermittierend arbeitenden Systemen steht ein Hubraummesser nach dem Prinzip der Arbeitsweise eines Gasometers zur Verfügung.

Ebenso ist für die mechanische Betätigung der intermittierend arbeitenden Verstäuber eine Vorrichtung vorhanden.

Die Staubmenge (kg/min) wird in einem Staubmengenmeßkasten aufgefangen und ausgewogen.

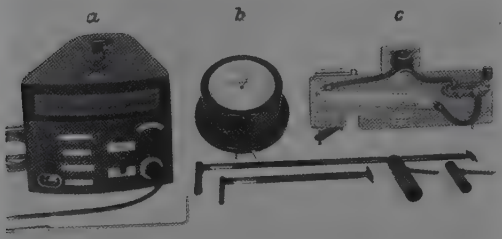


Abb. 373: Verschiedene Feindruckanzeiger mit zugehörigen Meßgeräten. a = Thermo-Geschwindigkeitsmeßgerät nach Dr. Eujen mit Meßsonde, b = Feindruckmesser der Fa. Wilh. Lambrecht in Göttingen mit zusammensetzbaren Stau- und Venturirohren, c = Differenzdruckmesser nach Krell (Aufnahme: Biol. Bundesanstalt, Braunschweig)

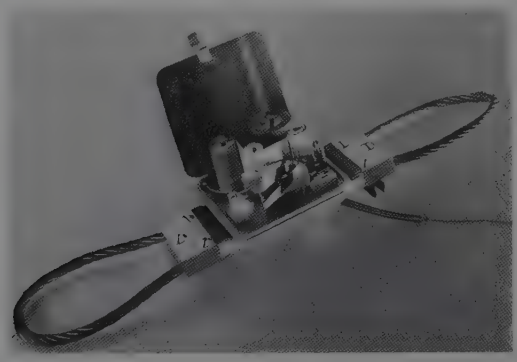


Abb. 374: Mechanischer Zugkraftschreiber (Aufnahme: Biol. Bundesanstalt, Braunschweig)

Die Staubdichte wird in g/cm^2 gemessen. Die Staubverteilung (g pro cm^2 und min) wird durch Stäuben auf ausgelegte Platten festgestellt.

Neben der Prüfung der Leistungswerte der einzelnen wichtigsten Geräteelemente, also z. B. bei der Spritze des Rührwerkes, der Pumpe und der Düse und beim Stäuber der Dosierung, des Gebläses und des Staubverteilers, ist bei jedem zweiachsigen Gesamtgerät die Feststellung des kleinsten äußeren Wendekreisdurchmessers und bei pferde- oder treckergezogenen Pflanzenschutzgeräten die Kenntnis der erforderlichen Zugkraft notwendig.

Wenn noch die Druck- und Zugkraft bei handbetätigten, lastrichtungswechselnden Apparaten

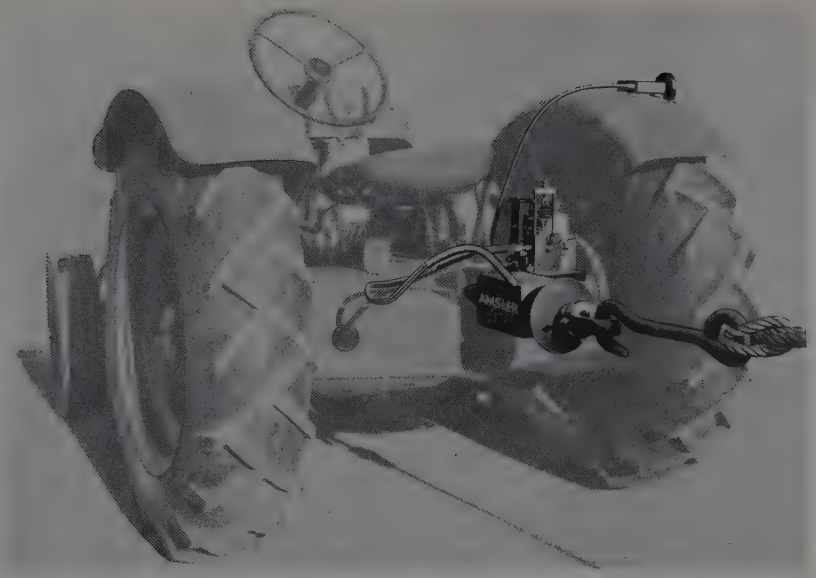


Abb. 375: Hydraulischer Zugkraftschreiber. (Werkbild: Amsler, Schweiz)

mit einem in das Antriebsgestänge eingeschalteten Federdynamometer gemessen werden kann, so ist es zweckmäßig, an einem gefahrenen Gerät (1,0 m/sec Fahrgeschwindigkeit) die Zugkraft über eine längere Strecke an einem Meßinstrument zu beobachten, das die Zugkraft während des Meßfahrweges aufschreibt. Es werden hierzu ein mechanischer Blattfeder- und ein hydraulischer Zugkraftschreiber verwendet. Die Geräte werden in der Abb. 374 und 375 gezeigt. Aus aufgezeichneten

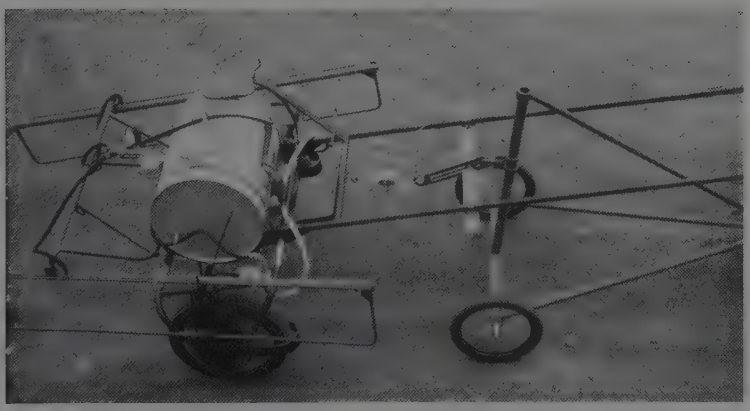


Abb. 376: Vorkarre für Zugkraftmessungen an einachsigen Geräten (Aufnahme: Biol. Bundesanstalt, Braunschweig)

Diagrammen wird durch Planimetrieren die mittlere Diagrammhöhe bestimmt. Aus Eichkurven erhält man mit Hilfe dieser gefundenen „Schreibhöhen" die Zugkräfte.

Abb. 376 zeigt eine Anordnung für eine Zugkraftmessung an einer Gespannfeldspritze. Der mechanische Zugkraftmesser ist als kleines, handliches Gerät etwa in der Mitte der Abbildung zu sehen. Es soll aber mit der Aufnahme in erster Linie das Zusatzgerät zur Spritze gezeigt werden, die als „Vorkarre für Zugkraftmessungen" eingesetzt wird. Es wird damit erreicht, daß durch die feste Verbindung des in einem Schlitz in der Mitte auf einem Rollenlager laufenden waagerechten Flacheisens mit den Holmen der Spritze eine zweiachsige Führung des sonst einachsigen Spritzgerätes geschaffen wird, so daß sämtliche am Zughaken senkrecht zur Fahrtrichtung auftretenden Schwingungen und Stöße ausgeschaltet werden. So werden nur reine Zugkräfte gemessen. Es wird nicht etwa die Zugkraft der Vorkarre mitgemessen, sondern infolge der Schlitzanordnung nur die Zugkraft des zu prüfenden Gerätes.

Neben einem Satz von Meßgeräten wird eine zweite Garnitur von Meßinstrumenten eingesetzt. Sie unterscheiden sich im Aufbau oder in der Anwendung der Mittel von den ersteren, oder sie arbeiten sogar nach einer anderen Methode. Dadurch wird auf zweierlei Wegen möglichst dasselbe Meßergebnis oder zumindest ein einwandfreier Mittelwert erreicht.

Die Bedeutung der technischen Prüfung möge aus diesen wenigen Beispielen, die vielfach erweitert werden könnten, erkannt werden. Viele Funktionen können von der Praxis nicht oder nicht allein gesehen werden. Neben der Notwendigkeit der amtlichen Testierung der technischen Gerätedaten lassen sich aus der Fülle der Prüfungsergebnisse, die im Laufe der Zeit infolge der Prüfung der Geräte und Geräteteile an einer zentralen Stelle zusammengetragen werden, Unterlagen gewinnen, deren Zusammenstellung dann als Forschungserkenntnisse neben anderen Untersuchungen Bedeutung erlangen. Der jeweilige Stand der Forschung und der Entwicklung wird die Anforderungen an die Prüfung der Schädlingsbekämpfung ändern. Auch die Meßtechnik bleibt nicht auf ihrem alten Stand stehen. Prüfregeln können also nicht starr sein. So werden sich die Prüfungsbedingungen und das Prüfungsverfahren von Zeit zu Zeit dem Fortschritt des allgemeinen technischen Wissens und den neuen Erkenntnissen über die richtige Gestaltung und über den zweckmäßigsten Einsatz der Pflanzenschutz- und Vorratsschutzgeräte anpassen, und die Meßtechnik wird stets um die Ausschaltung der Fehlerquellen beim Messen und um die Verbesserung der Meßmethoden bemüht sein müssen.

Die vorstehenden Überlegungen und Erkenntnisse gelten auch für die Durchführung der Einsatzprüfung. Dieser Teil der amtlichen Geräteprüfung hat sich möglichst weitgehend den Verhältnissen der Praxis anzupassen. Dennoch muß angestrebt werden, die bei der Einsatzprüfung gebräuchlichen Methoden soweit wie möglich zu vereinheitlichen, weil es dann leichter ist, bei der Beurteilung eines Gerätes Prüfergebnisse verschiedener Prüfstellen gleichwertig zu berücksichtigen. Bei Spritz-, Sprüh- (5, 8), Nebel- und Stäubegeräten stehen folgende Fragen im Vordergrund des Interesses:

A. Bei allgemeiner Beurteilung des Gerätes:

1. Zweckmäßigkeit des Geräteaufbaues,
2. Schutzvorrichtungen für Bedienungsleute und evtl. Zugtiere,

3. Standfestigkeit des Gerätes während der Arbeit,
4. Geländegängigkeit,
5. Betriebssicherheit,
6. Schmiermöglichkeiten und
7. Materialbeschaffenheit.

B. Bei Beurteilung der Einzelteile von Geräten:

1. Fahrgestell und Rahmen.
   a) Arbeitsweise der Räder, Spurverstellung (Rutschen, Schneiden, Schöpfen, verursachte Pflanzenbeschädigungen),
   b) Bodenfreiheit,
   c) Anhänge- oder Anspannvorrichtung (auch Zapfwellenanschluß).
2. Wirkstoffbehälter.
   a) Zweckmäßigkeit der Größe,
   b) Brauchbarkeit des Materials im Hinblick auf die verwendeten Wirkstoffe,
   c) Arbeitsweise und Bewährung des Rührwerkes,
   d) Zweckmäßigkeit von Einfüllöffnung und Sieb.
   e) Entleerungs- und Reinigungsmöglichkeit des Behälters.
3. Antrieb mit Pumpe, Kompressor, Ventilator, Gebläse usw.
   a) Antriebsart (Hand-, Rad-, Motor-, Zapfwellenantrieb),
   b) Leistung, Zweckmäßigkeit und Bewährung der Antriebsart,
   c) Art, Arbeitsweise und Leistung der Pumpe, des Kompressors usw.,
   d) Zweckmäßigkeit der Zu- und Ableitungsverbindungen.
4. Flüssigkeits- oder Staubdüsen.
   a) Art, Anzahl und Zweckmäßigkeit der Anordnung,
   b) Verstopfungen,
   c) Brühe-, Wirkstoff- oder Staubverteilung.

Ein wesentlicher Teil der Einsatzprüfung entfällt auf die Überprüfung des biologischen Effektes. Von großer praktischer Bedeutung sind

1. Verteilung der Wirkstoffaufbereitung in der Kultur,
2. Beobachtungen zur Windfestigkeit des Spritz-, Sprüh-, Nebel- oder Staubschleiers,
3. Gerätebedingte Regenbeständigkeit des Wirkstoffbelages.

Von entscheidender Wichtigkeit ist die gerätebedingte herbizide, fungizide und insektizide Wirksamkeit bei Verwendung amtlich anerkannter Pflanzenschutzmittel. Einige bei Durchführung der Einsatzprüfung gebräuchlichen Methoden werden nachstehend behandelt.

Rührwerkprüfung

Trotz besserer Schwebefähigkeit vieler Präparate ist die Bedeutung des Rührwerks im Pflanzenschutzgerät gestiegen, da geringerer Flüssigkeitsaufwand je Flächeneinheit vor allem beim Sprühen — innerhalb gewisser Grenzen aber auch beim Spritzen — die Verarbeitung höher konzentrierter Brühen notwendig macht und der geringere

Flüssigkeitsausstoß in der Zeiteinheit zu einer Verlängerung der Faßentleerungszeiten und damit zur Erhöhung der Gefahr einer Entmischung der Phasen in Emulsionen und Suspensionen führt.

Die Methoden zur Überprüfung des Rührreffektes können verschieden sein. Solange jedoch auf Grund von Erfahrungen keine Aussage darüber gemacht werden kann, wie oft in einer bestimmten Zeit durch mechanische, hydraulische oder pneumatische Rührwerke oder eine Kombination dieser Systeme eine Umwälzung des Behälterinhalts notwendig, und ob die rein rechnerische Überprüfung dieser Leistung für eine Beurteilung bereits ausreichend ist, wird den praktischen Belangen wohl weitestgehend Rechnung getragen, wenn man die Wirkstoffkonzentration zu verschiedenen Zeitpunkten der Faßentleerung im Augenblick aus der Düse bestimmt. Dazu wird ein Kupferoxychlorid mit 50 % Cu-Gehalt in 1,5 %iger Konzentration, bei herabgesetztem Flüssigkeitsaufwand in höherer Konzentration ausgebracht. In regelmäßigen Zeitabständen werden an der gleichen Düse mit einem Gefäß Brühemengen von 250 ccm abgefangen, im Laboratorium die in der Brühe enthaltenen Cu-Mengen kolorimetrisch bestimmt und die gefundenen Werte zu einer Idealkonzentration in Beziehung gesetzt (Abb. 377). Die Cu-Bestimmung erfolgt am besten nach der Kaliumferrocyanidmethode (4, 8) mit Hilfe eines lichtelektrischen Kolorimeters. Es empfiehlt sich, die Schwebefähigkeit des verwendeten Präparates ebenfalls zu prüfen (26).

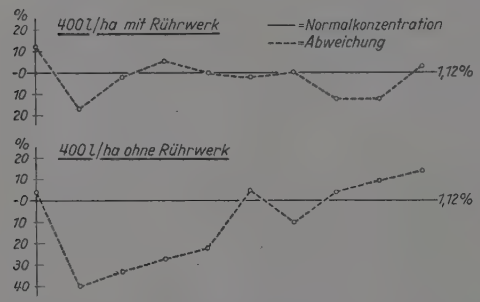


Abb. 377: Wirkstoffkonzentration zu verschiedenen Zeitpunkten der Faßentleerung. Obere Kurve bei arbeitendem Rührwerk, untere Kurve bei ausgeschaltetem Rührwerk. Starke Konzentrationsschwankungen bei fehlender Faßumrührung. (Die Konzentrationsbestimmung erfolgte bei Spritzbrühe, die während des Spritzvorganges an der Düse abgefangen wurde)

Ein brauchbares Rührwerk soll in der Lage sein, eine gutdurchmischte Brühe in Schwebe zu halten. Darüber hinaus kann noch verlangt werden, daß es eine Entmischung bei Emulsionen wieder aufzuheben oder eine Aufwirbelung abgesunkener Wirkstoffteilchen bei Suspensionen zu erreichen vermag.

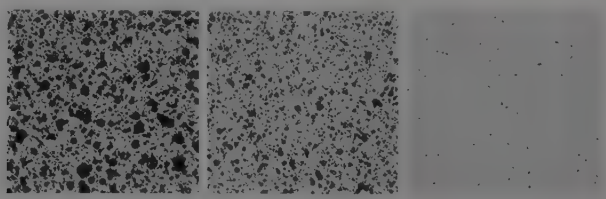


Abb. 378: Spritzbilder verschiedener Spritz- und Sprühgeräte
a = Spritzen 800 l/ha, b = Spritzen 600 l/ha, c = Sprühen 100 l/ha

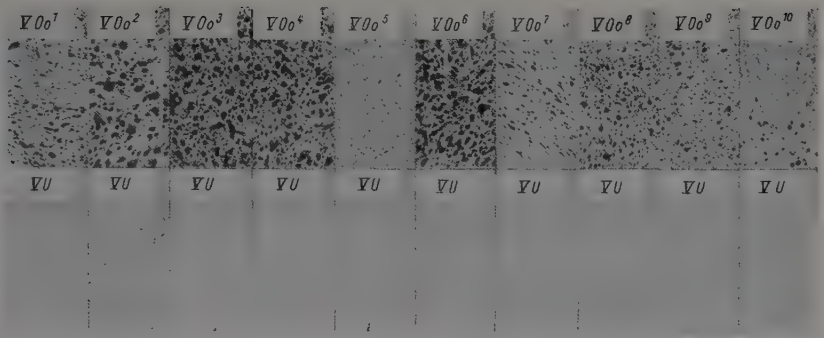


Abb. 379: Zusammenstellung der Papierstreifen, die vom oberen Staudendrittel einer Kartoffelstaude stammen. O = Blattoberseite, U = Blattunterseite (auf $^1/_8$ verkleinert)

Prüfung der Wirkstoffverteilung

1. Papierblättchenmethode

Um einen Einblick in die Spritzbrüheverteilung zu erhalten, werden Spritzbilder von Einzeldüsen und der gesamten Spritzbreite des Gerätes mit gefärbtem Wasser auf Zeichenpapier hergestellt. Spritzbilder dieser Art (Abb. 378) geben aber noch keinen Aufschluß über die Wirkstoffverteilung im Feldbestand. Zu diesem Zweck wurde die Papierblättchenmethode (4) entwickelt. Diese Methode gestattet besonders auch Angaben darüber,

1. ob die Blattunterseiten behandelt werden,
2. ob der Spritz- und Sprühschleier zu den unteren Staudenpartien gelangt, und
3. wie groß die Abtropfverluste sind.

Bei dieser Methode werden die Fiederblättchen einer Kartoffelstaude mit weißen Papierstreifen gleicher Größe bespannt, so daß sowohl die Oberseite als auch die Unterseite bedeckt sind, die Blattstellung aber normal bleibt. Es werden je Fiederblättchen bei 5 Kartoffelstauden in den oberen und je 10 bei weiteren 5 Stauden in der mittleren Staudenpartie bespannt und mit gefärbtem Wasser bespritzt. Die Spritzbrüheverteilung wird also an 100 Fiederblättchen, und zwar an 50 aus der oberen und 50 aus der mittleren Staudenpartie ermittelt. Die Blättchen werden zu je 10 auf einem Blatt zusammengeklebt und beschriftet (Abb. 379). Zur Feststellung, wieviel Spritzbrühe noch den Boden unter der Staude erreicht, wie groß also die Abtropfverluste sind, wird in der Versuchsparzelle um 5 Stauden je ein Papierkragen am Grunde ausgelegt (Abb. 380). Der Vorteil dieser Methode ist, daß sie bei wenig Zeit und Arbeitsaufwand ein sehr anschauliches Bild von der Spritzbrüheverteilung im Feldbestand liefert. Die Wirkungsweisen

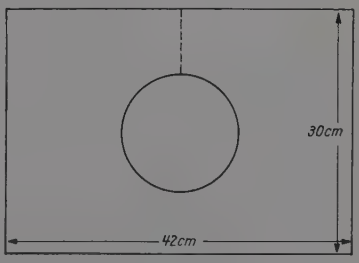


Abb. 380: Papierkragen zur Feststellung von Abtropfverlusten und Ermittlung der Zahl von Brühetröpfchen, die den Boden erreichen

von Sonderkonstruktionen zur Förderung der Behandlung der Blattunterseiten (Gebläse, Krautniederhalter usw.) können gut erfaßt werden (Abb. 310a), da die dem Blatt angehefteten Papierstreifen alle Bewegungen des Laubes mitmachen. Für die Berichterstattung ist ferner vorteilhaft, daß man die nach dieser Methode gewonnenen Unterlagen dem Berichtsvordruck beifügen kann. Diese Methode kann auch an Obstbäumen, Weinstöcken usw. in abgewandelter Form Verwendung finden.

2. Kupfergehaltsbestimmung

Zur Überprüfung der quantitativen Wirkstoffverteilung (4, 6, 7, 18) und Regenbeständigkeit der Spritz- und Sprühbeläge bedient man sich der von Neuhaus (18) veröffentlichten Methode, die die Bestimmung des Kupfergehaltes in Kupferspritzbelägen auf Pflanzen gestattet. Zur Bestimmung geringerer Kupfermengen eignet sich vor allem die Kaliumferrocyanidmethode. Die kolorimetrische Cu-Bestimmung erfolgt mit einem lichtelektrischen Kolorimeter nach Lange. Zur Sicherung der Ergebnisse ist es notwendig, in großen Serien zu arbeiten. Ein Zahlenwert sollte sich auf mindestens 100 Bestimmungen stützen. Die Untersuchung verläuft praktisch so, daß der Kartoffelbestand (in ähnlicher Weise kann auch in anderen Kulturen gearbeitet werden) mit entsprechenden Geräten behandelt und Kartoffelblätter aus den verschiedenen Parzellen und innerhalb der Parzellen aus den verschiedenen Laubschichten entnommen werden. Die Fiederblattgrößen werden zeichnerisch festgehalten und später mit einem Planimeter ausgemessen. Der durch kolorimetrische Bestimmung gewonnene Relativwert wird in Cu umgerechnet und durch die ermittelte Blattgröße dividiert, so daß man den Cu-Wert in γ/cm^2 ausdrücken kann.

Bei der Prüfung von Beizgeräten (2, 3a, 17, 25) werden hinsichtlich der technischen Ausführungen die auch bei sonstigen Maschinen üblichen Anforderungen gestellt. Die Apparate müssen dauerhaft gebaut und standfest sein, und dürfen nicht ungewöhnliche Kraft zum Antrieb erfordern. Die Apparate müssen dicht sein, damit während des Beizens kein Staub entweichen kann. Bei kontinuierlich arbeitenden Geräten ist zu prüfen, ob zur Verminderung der Staubentwicklung beim Herabfallen des Beizgutes die Anbringung einer Absaugvorrichtung möglich ist. Besondere Bedeutung kommt auch einer guten Reinigungsmöglichkeit des Beizgerätes zu, damit keine Vermischungen verschiedener Saatgutpartien vorkommen.

Bei unterbrochen arbeitenden Trockenbeizgeräten (2, 3b, 9, 10, 11, 14, 15, 16, 19, 20, 21, 22, 23, 24) wird verlangt, daß der Bestäubungsgrad von 3 entnommenen Proben nicht mehr als 5 % vom Mittelwert abweicht. Als brauchbar wird ein Apparat angesehen, wenn die Kennzahl mindestens 80 beträgt. Die Kennzahl berechnet man (21) nach folgender Formel: $\frac{b \cdot 100}{a}$. In dieser Formel bezeichnet a den höchstmöglichen und b den erreichten Beizgrad. Der höchstmögliche Beizgrad wird nicht wie Wansart (21) vorschlägt, im Apparat, sondern durch Beizung im Glaskolben ermittelt. Das Schütteln des Kolbens erfolgt in einem rotierenden Schüttelapparat 3 Min. lang bei 40—50 U/min. Für die Bestimmung des Beizgrades werden 3 Proben nach dem Durchlauf durch die Drillmaschine untersucht. Ferner werden drei Proben aus dem Beizbehälter entnommen und untersucht, um festzustellen,

welcher Verlust durch das Drillen an Beizpulver eingetreten ist. Für die Berechnung der Kennziffer wird das Mittel aus den 3 Proben, die nach dem Drillen entnommen werden, zugrundegelegt.

Bei ununterbrochen arbeitenden Apparaten erfolgt die Berechnung nach denselben Gesichtspunkten wie bei den unterbrochen arbeitenden Geräten. Ein unterbrochen arbeitender Apparat wird als brauchbar angesehen, wenn seine Kennzahl mindestens 70 ist. Die Beizmittelzuführung gilt als gleichmäßig, wenn die Abweichung vom Mittelwert von 10 Feststellungen nicht mehr als 5 % beträgt. Die Prüfung wird bei verschiedenen Beizmitteln vorgenommen. Neben den Proben, die nach dem Drillen entnommen werden, fängt man auch solche unmittelbar nach dem Austritt aus dem Apparat auf und untersucht sie auf den Behandlungsgrad. Die Versuche werden mit Gerste und Weizen oder Roggen bei der niedrigsten und höchsten Stundenleistung durchgeführt. Ununterbrochen arbeitende Geräte müssen auch im Dauerversuch geprüft werden. Feststellungen werden ferner zur Genauigkeit der Arbeit der Beizmittelwaage und der Mitteldosierungsvorrichtungen getroffen, wie auch der Drehzahl der Trommel. Bei Kurznaß- (15, 16), Schlämm- und Feuchtbeizgeräten verlaufen die Prüfungsarbeiten ähnlich. Es sind eine Reihe von Methoden erarbeitet, die es gestatten, die Gleichmäßigkeit des Beizmittelbelages auf dem Saatkorn zu untersuchen. Wichtig ist auch bei diesen Geräten die Prüfung der Arbeit der Getreidewaage und Beizmitteldosierung. Bedeutungsvoll ist der Wirkungsgrad des Rührwerkes, das Durchmischung des in Wasser aufgeschwemmten Beizmittels besorgt.

Bei Dämpfgeräten zur Bodenentseuchung erfolgt in der Bundesrepublik die Prüfung durch die Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft. Folgende Gesichtspunkte verdienen bei der Beurteilung von Dampferzeugern und Dämpfgeräten besondere Beachtung:

1. Bestmögliche Ausnutzung der zugeführten Energie (Kohle, Elektrizität, Öl, u. a.)
2. Kurze Dämpfzeiten
3. Gute Wärmeisolierung
4. Einwandfreies Funktionieren der Sicherheitsvorrichtung
5. Richtiges Verhältnis von Dampferzeuger und Dämpfgerät.

Die amtliche Anerkennung von Be- und Vergasungsgeräten erfolgt durch die Biologische Bundesanstalt. Wichtige Voraussetzung für eine Anerkennung sind u. a.

1. Einwandfreie Dosierungsmöglichkeit
2. Gasdichtigkeit der gesamten Anlage
3. Funktionieren der Kreislaufeinrichtung
4. Möglichkeit rascher Entlüftung
5. Rasches und wirksames Arbeiten der Vakuumanlage (Pumpe)
6. Beachtung der Sicherheitsvorschriften.

1. Czerny, H.: Die Entwicklung einer Prüfmethode für Stäubegeräte des Pflanzenschutzes, dargestellt an der Untersuchung einiger Geräte. Diss. Stuttgart, 1949.

2. Dounine, M. S., & A. M. Simsky: Haftfähigkeit der Trockenbeizmittel. Angew. Botanik, *14*, 1932, 33—78.

3 a. Friedrichs, G.: Über die Prüfung von Beizmitteln und Beizmaschinen Landw. Ztg. Westf. Lippe, *85*, 1928, 641—643. — **3 b.** Friedrichs, G.: Die Bestimmung des Bestäubungsgrades trockengebeizten Saatgetreides bei der Lohnbeizkontrolle. Nachrichtenbl. f. d. Dtsch. Pflanzenschutzd., *13*, 1933, 25—27.

4. Goossen, H.: Zur Feststellung und Bedeutung der Spritzbrühverteilung im Kartoffelbestand. Z. Pflanzenkrankh., *59*, 1952, 339—353. — **5.** Goossen, H.: Zur Durchführung der Einsatzprüfung von Feldspritz- u. Sprühgeräten. Nachrichtenbl. Dtsch. Pflanzenschutzd., *8*, 1956. — **6.** Goossen, H., & L. Eue: Die Verteilung und Regenbeständigkeit von Spritz- und Sprühbelägen im Kartoffelbestand. (Vorl. Mitt. Nachrichtenbl.) Dtsch. Pflanzenschutzd. (Braunschweig) *6*, 1954, 54—56. — **7.** Goossen, H., & L. Eue: Verteilung, Regenbeständigkeit und Umlagerung von Spritz- und Sprühbelägen im Kartoffelbestand. Höfchen-Briefe, *8*, 1955, 67—86.

8. Haronska, G.: Pflanzenschutzgeräte-Prüfung? Nachrichtenbl. f. d. Dtsch. Pflanzenschutzd., *2*, 1950, 156—157. — **9.** Hilgendorff, G.: Über die Bestimmung des Beizbelages an trockengebeiztem Getreide. Nachrichtenbl. f. d. Dtsch. Pflanzenschutzd., *10*, 1930, 33. — **10.** Hilgendorff, G.: Über die Bestimmung des Beizbelages an trockengebeiztem Getreide (II). Nachrichtenbl. f. d. Dtsch. Pflanzenschutzd., *10*, 1930, 99—100. — **11.** Hilgendorff, G.: Über die Bestimmung der Haftfähigkeit von Trockenbeizmitteln. Fortschr. d. Landwirtsch., *3*. 1928, 725—728.

12. Koch, H.: Die amtliche technische Prüfung der Pflanzen- und Vorratsschutzgeräte. Landtechn. Forschg., Heft 4, 1852, 146—148. — **13.** Koch, H.: Die amtliche Prüfung der Pflanzenschutz- und Vorratsschutzgeräte unter besonderer Betrachtung der techn. Prüfung. Nachrichtenbl. d. Dtsch. Pflanzenschutzdienstes, *5*, 1953, 23—29. — **14.** Krauss, J.: Zur Prüfung der Leistung von Trockenbeizgeräten. Nachrichtenbl. f. d. Dtsch. Pflanzenschutzd., *11*, 1931, 34—35.

15. Martiny, B.: Technische Auswertung der Reichsnährstands-Hauptprüfung von Trocken- und Kurznaßbeizgeräten. Schriftenreihe d. Max-Eyth-Ges. 1935, Heft 4, 15 S. — 16. Martiny, B., & A. Winkelmann: Hauptprüfung von Kurznaß- und Trockenbeizgeräten. Mitt. f. d. Landwirt, *50*, 1935, 171—174. — **17.** Melchers, L. E., & H. B. Walker: The copper carbonate method of controlling bunt of wheat. Kansas Agric. Exp. Stat. Circ., *107*, 1924.

18. Neuhaus, K.: Methoden zur Bestimmung des Kupfergehaltes in Kupferkalkspritzbelägen auf Pflanzen. Nachrichtenbl. Deutsch. Pflanzenschutzd. (Braunschweig), *4*, 1952, 124—125.

19. Riehm, E.: Prüfung von Trockenbeizvorrichtungen. Nachrichtenbl. f. d. Dtsch. Pflanzenschutzd., *6*, 1926, 17—18; ders. Trockenbeizvorrichtungen. Mitt. d. Dtsch. Landwirt. Ges., *41*, 1926, 188—191.

20. Wansart, O.: Beiträge zur Kenntnis der Wirkungsweise und des arbeitstechnischen Wirkungsgrades von Saatgut-Trockenbeizmaschinen. Schrift. d. Reichskuratoriums f. Techn. i. d. Landw. Heft 15, 1930. — **21.** Wansart, O.: Beiträge zur Kenntnis der Wirkungsweise und des arbeitstechnischen Wirkungsgrades von Saatgut-Trockenbeizmaschinen. Schrift d. Reichskuratoriums f. Techn. i. d. Landw. Heft 15, 1936. — **22.** Winkelmann, A.: Zur Methodik der Bestimmung des Bestäubungsgrades trockengebeizten Getreides. Nachrichtenbl. f. d. Dtsch. Pflanzenschutzd., *9*, 1929, 3—5. — **23.** Winkelmann, A.: Eine Methode zur schnellen Bestimmung des Beizbelages bei Verwendung kupferhaltiger Trockenbeizmittel. Nachrichtenbl. f. d. Dtsch. Pflanzenschutzd., *11*, 1931, 44—45. — **24.** Winkelmann, A.: Untersuchungen über die Haftfähigkeit von Trockenbeizmitteln. Angew. Chemie, *45*, 1932, 238—241. — **25.** Winkelmann, A.: Neuere Untersuchungen über Beizgeräte. Techn. i. d. Landwirtsch., *16*, 1935, 4—8.

26. Zeumer, H.: Methoden von Pflanzenschutz- und Vorratsmitteln LIX. Die Bestimmungen der Schwebefähigkeit von Spritzsuspensionen. Nachrichtenbl. Dtsch. Pflanzenschutzd., *6*, 1954, 57—58.

27. Flugblatt A 5 der Biologischen Bundesanstalt Braunschweig: „Bedingungen für die amtliche Prüfung von Pflanzenschutz- und Vorratsschutzgeräten".

Abgeschlossen Juli 1957.

SACHVERZEICHNIS

zur Arbeit FRANZ, Biologische Schädlingsbekämpfung

Aaskäfer, Gefleckter s. *Xylodrepa quadripunctata*
abeille s. *Apis mellifera*
Abfangen von Entomophagen-Imagines 220—222
Abies spp. s. Tanne
— *balsamea* s. Balsamtanne
abiotische Außeneinflüsse auf Populationsdichteschwankungen 21
Absammeln der Entomophagen bei Erfolgskontrolle 242
Abschirmung bei Erfolgskontrolle 241—242
Abundanzdynamik 19—21
Abwehr schädlicher Ameisen 214
Abwehrmechanismen gegen Insektenkrankheiten 37, 38
— gegen insektenpathogene Pilze 93
Abwehrreaktion des Blutes gegen Parasiten 141—142
— gegen insektenpathogene Mikrosporidien 74
— von Mikronukleozyten gegen Insektenkrankheiten 38
— des Wirtes gegen Parasiten 141—142
Acacia s. Akazie
— *mollisima, Kotochalia junodi* an, biologische Bekämpfung 67
Acantholyda nemoralis, Wildschweine gegen 278
Acanthopsyche junodi syn. *Kotochalia junodi*
Acanthoscelides sp., unvollständiger Parasitismus, Schema (Abb.) 138
— *obtectus, Trichogramma*-Entwicklung in 139, 140
Acarina s. a. Milben, feindschonende Pflanzenschutzmittel gegen 210
Acarinae, Verzeichnis der *Itonididae* als Feinde von 176
Accipiter gentilis, Verwendung 280
accretive release von Entomophagen 229
Aceria sheldoni, Minimum-Spritzplan für 211
Achatina fulica, Bekämpfung 260, 261
— —,*Gonaxis kibweziensis* gegen 260
— —,*Lamprophorus* tenebrosus gegen 260
Achromobacteriaceae, apathogene für Insekten 79
Acridotheres tristis, Einfuhr 266
— — gegen Eulenraupen 266
— — gegen Heuschrecken 266
Acrobasis indiginella, Bekämpfung durch Entomophagen 172
Actinomycetales gegen phytopathogene Pilze 110
— fakultative Symbionten der 79
Actinomyceten-Stämme gegen *Verticillium*-Welke 110
actual fecundity 216
Adalia spp., Beutesuche 129
— *bipunctata,* Ernährung 144
— —,Kannibalismus bei 118
Adaptation, enzymatische, insektenpathogener Bakterien 48, 81
Adelencyrtus aulacaspidis, Parasit von *Aulacaspis rosae* an Himbeere 139
Adelges piceae syn. *Dreyfusia piceae,* Spezialarbeiten in Kanada an 8
Adelgidae syn. *Chermesidae*
Adelognathus brevicornis an *Pachynematus scutellatus* (Abb.) 113
Adisura atkinsoni, Bekämpfung durch *Bacillus thuringiensis* 86
Adressenverzeichnis von Insektenpathologen 55
Aedes sp., Myxomatose-Übertragung durch 107
— *aegypti* syn. *A. fasciatus*
— *fasciatus,* Bekämpfung durch Fische 263
Aenoplex carpocapsae, Entwicklung in *Ephestia kuehniella* 130
Aerobacter aerogenes var. *acridiorum* syn. *Cloaca cloacae* var. *acridiorum,* Virulenzverlust bei Zucht 36
Afrikanische Riesenschnecke s. *Achatina fulica*
Agathis diversus gegen *Grapholitha molesta* 233
— —,Überschwemmung 233
— *pumilis* fördert *Chrysocharis laricinellae* 122
— —,Parasit von *Coleophora laricella* 122
Agelastica alni, Eier abgelehnt von *Trichogramma* 139
Ageniaspis sp., Parasit von *Phyllocnistis citrella* 150, 203
— —,mikroklimatische Förderung 203
— —,Polyembryonie bei 115
— —,indirekte Witterungsabhängigkeit 150
Agglutinine gegen Bakterien bei Insekten 38
Agrilus hyperici, Verwendung gegen *Hypericum perforatum* 284, 286
Agromyzidae s. a. Minierfliegen, Nützlinge 5
Agrotidae, selektive Pflanzenschutzmittel gegen 211
Agrotis orthogonia, Parasitierung witterungsbedingt 150
— *segetum, Bacterium melolonthae liquefaciens* an, Formwechsel 80
— —,Bekämpfung durch *Metarrhizium anisopliae* 100
— —,— — *Trichogramma evanescens* 233
— — mit *Nosema perezioides*-Sporen (Abb.) 74, (Abb.) 75
— —,Parasitierung durch *Trichogramma* 220
Ahlbergiella aequa, Nahrungsquellen 144

Akarizide, selektive 210, 211, 231
Akazie, Schädlinge, Bekämpfung durch Viruskrankheiten in Afrika 9
Akklimatisation von Nutzinsekten 149
Aktionsbasis beim Einzeltier, Teilursache der Populationsdynamik 22
Alabama agrillacea, Bekämpfung durch Entomophagen 172
Aldrin gegen Ameisen 214
Aleurocanthus woglumi, *Amitus hesperidum* Parasit von 162
— —,Bekämpfung durch *Amitus hesperidum* 200
— —,— — *Eretmocerus serius* 200
— —,— — *Prospaltella* sp. 200
— —,— — *Prospaltella clypealis* 200
— —,*Delphastus pusillus* Räuber von 162
— — in Mexiko 8, 9, 162, 200
— — in USA 8
— —,parasitiert von *Eretmocerus serius* 162
— —,— — *Prospaltella clypealis* 162
— —,relative Wirksamkeit der Feinde von 162
Aleyrodidae, Verzeichnis der *Itonididae* als Feinde von 176
alfalfa caterpillar s. *Colias philodice eurytheme*
Algen gegen Insekten 261
Alkali-Wirkung auf Virus-Einschlußkörper 58
Alkylphenol, Netzmittel 68, 69
Allotropa burrelli, Verwendung gegen *Pseudococcus comstocki* 199
Alysia manducator in Dipteren-Larven 118
— —,Parasit von *Calliphora vomitaria* 154
— —,— — *Lucilia sericata* 154
— —,Sexualindex und Wirt 154
Ameise, Argentinische s. *Iridomyrmex humilis*
Ameisen s. a. *Formicidae*
—,Einschleppung, Wirkung auf Homopteren 121
—,Einwirkung auf Entomophagen im Jahresrhythmus 120
—,Erfolge gegen Schadinsekten 228
— fördern *Coccophagus rusti* 120
— — Entomophagen 120
— — Homopteren 120
— — Schädlinge 229
— gegen *Scymnus rubromaculatus* 119, 120
—,gegenseitige Störung 119
—,Honigtau für 143
—,Konkurrenz zu Entomophagen 121
—,nachteilige Folgen der Ansiedlung 229
— nicht gegen *Cryptochaetum iceryae* 120
— — — *Rodolia cardinalis* 120
—,parasitiert von *Eucharitidae* 127
—,— — *Schizaspidia tenuicornis* 125
—,partielle Abschirmung gegen 241
—,schädliche, Abwehr von 214
— stören *Coccinella septempunctata* 120
— — Entomophagen 120
—,Verfrachtung von 227 bis 229
Amitus hesperidum, Parasit von *Aleurocanthus woglumi* 162
— —,Verwendung gegen *Aleurocanthus woglumi* 200
— —,Wirksamkeit 162
Amphibien, Verwendung 264
Amphimallon majalis, Bekämpfung durch *Bacillus lentimorbus* 87
— —,— — *Bacillus popilliae* 87
— *solstitialis*, latente Bakteriose 39
Amphitokie bei Schlupfwespen 155
Amsel, Einfuhr 266
Anagasta kuehniella syn. *Ephestia kuehniella*
Anagyrus antoninae, Parasit von *Antonina graminis* 227
— —,Umsiedlung 227
— *kivuensis* gegen *Pseudococcus citri* im Gewächshaus 237
Anaphoidea nitens, Verwendung gegen *Gonipterus scutellatus* 200, 299
Anasa tristis, parasitiert von *Trichopoda pennipes* 226
Anastatus disparis, Anzahl bei Ansiedlung 194
— —,Auslese von parasitierten Wirtseiern 193
— —,Aussetzen im Puppenstadium 195
— —,Parasit von *Lymantria dispar* 193
Anbieten von Phytophagen zur Feindanlockung 198
— — Wirten in fremden Faunenbereichen 183
Ancylis comptana fragariae, *Macrocentrus ancylivorus* Parasit von 128, 221, 227
Anerkennung industriell vermehrter Mikroorganismen 52
Anetum s. Dill
Angitia cerophaga, Biotypen 150
— —,Verwendung gegen *Plutella maculipennis* 150, 200
Angoumois grain moth s. *Sitotroga cerealella*
Anicetus beneficus, Biotyp an *Ceroplastes rubens* 225
— —,Parasit von *Ceroplastes rubens* 127, 227
— —,Verfrachtung 227
— *ceroplastis*, Massenzucht 218
— — syn. *Anicetus beneficus*
Anisoplia austriaca, Infektion mit *Metarrhizium anisopliae* 6
Anixiopsis stercoraria gegen *Heterodera rostochiensis* 260
Annahme der Beute/Wirte 129 bis 131
Anolis spp. als Räuber von Coccinelliden 131
Anomis texana, selektive Pflanzenschutzmittel gegen 211
Anopheles, Bekämpfung durch Algen 261
— *annulipes*, Myxomatose-Überträger 106
— *maculipennis atroparvus*, Myxomatose-Überträger 107
Anophelinen, malariaübertragende, Bekämpfung 263
Anoplolepis custodiens, Abwehr von 214
— — fördert *Aonidiella aurantii* 120, 214

— — — *Coccus hesperidum* 214
— — gegen *Pheidole megacephala* 120
— *longipes*, vertreibt Feinde von *Pseudotheraptus wayi* 119
— — verdrängt *Oecophylla longinoda* 119
Anreicherung von *Trichogramma* 232
— — Wirten 234
Anreicherungsmethode mit Entomophagen 229—233
Ansiedlung von Entomophagen 194
Antheraea pernyi, Kernpolyederviren von 48
anthonome du pommier s. *Anthonomus pomorum*
Anthonomus pomorum, Sammlung der Parasiten von 230
Anthribidae, Honigtau für 143
Anthribus sp. geschützt vor Ameisen 119
Antibiotica gegen Mikroorganismen (Symbionten) in Tieren 18
—, Grenzgebiet biologischer Bekämpfung 110
— zur Aufbewahrung von Mikrosporidiensporen 75
—, Verwendung 18
—, Wirkung im Insektendarm 37
Antigen-Inhibition durch Hämolymphe der Insekten 38
Antonina graminis, parasitiert von *Anagyrus antoninae* 227
Anwendungsdienst der C.I.L.B. 12
Aonidiella aurantii, Bedeutung der Ameisen für 120
— —, *Aphytis* spp.-Zuchten an 217
— —, Bekämpfung durch *Aphytis* sp. 222, 231
— —, Bekämpfung durch *Aphytis lingnanensis* 199
— —, Bekämpfung durch *Chilocorus nigritus* 230
— —, Bestimmung und Bekämpfung 175
— —, chemische Abschirmung 241
— — gefördert von *Anoplolepis custodiens* 214
— —, klimaabhängige Parasitierung 151
— —, Massenzucht an Kartoffeln (Abb.) 218
— —, Parasiten von, durch Ameisen gestört 120
— —, parasitiert von *Aphytis lingnanensis* 151, 204, 217
— —, — — *Casca smithi*, gelegentlich 134
— —, — — *Comperiella bifasciata* 139
— —, — — *Habrolepis rouxi* 139
— —, — — *Phycus* sp. 139
— —, Parasitierung auf Sagopalme 139
— —, — auf *Yucca filipendula* 139
— —, Sammeln der Parasiten von 177
— *citrina*, Bekämpfung durch *Comperiella bifasciata* 199
— —, Bestimmung und Bekämpfung 175
— — gefördert durch *Iridomyrmex humilis* 214
— —, parasitiert von *Comperiella bifasciata* 129
Apanteles spp., parasitiert von *Dibrachys cavus* 123
— spp., Sexualindex 154
— *artonae*, Parasit von *Artona catoxantha* 135
— — verursacht Trennung der Wirtsgenerationen 135
— *congregatus*, *Beauveria bassiana* unschädlich für 97
— —, Parasit von *Protoparce sexta* nur an Tomate 132
— *glomeratus*, an *Pieris brassicae*, der von *Bacillus thuringiensis* befallen 46
— —, Gregärparasitismus und Mehrfachbelegung 131
— — in *Pieris* sp., Gregärparasit 115
— — an *Pieris brassicae* (Abb.) 114
— — gegen *Pieris rapae* 4
— —, parasitiert von *Dibrachys cavus* 122, 123
— *lacteicolor*, Anzahl bei Ansiedlung 194
— *marginiventris*, Futterpflanze für 203
— —, Parasit von *Diatraea saccharalis* 203
— *medicaginis* an *Colias philodice eurytheme*, abhängig von Virose 46
— —, natürlicher Feind von *Colias philodice eurytheme* 66
— — überträgt Polyedrose von *Colias philodice eurytheme* 47
— *melanoscelus*, Anzahl bei Ansiedlung 194
— —, Eiablage 130
— *rubecula*, Parasit von *Pieris rapae* 186
— —, parasitiert von *Tetrastichus rapo* 186
— —, Zucht im Sammelgebiet 186
Apechthis spp., Parasiten von *Choristoneura fumiferana* 154
— —, Sexualindex und Wirt 154
— *rufata*, Gewöhnung an Wirtshabitat 128
— —, Parasit von *Choristoneura murinana* 128
— —, Parasit von *Tortrix viridana* 128
Apfelanlagen, modifizierte Spritzpläne für 210, 211
Apfelblattsauger, Gemeiner s. *Psylla mali*
Apfelwickler s. *Carpocapsa pomonella*
Aphelinidae 113
—, Außeneinflüsse und Sexualindex 155
—, Parasiten von 129
—, parasitische, Entwicklung der Geschlechter 124
—, Spezifität 125
—, Systematik 178
—, Typen hyperparasitischer Männchenlarven 124
Aphelinus spp., Lebensdauer und Ernährung 148
— *mali*, Parasit von *Eriosoma lanigerum* 15, 151, 162, 199, 231
— —, periodische Freilassung 231
— —, Temperaturabhängigkeit 151
— —, Verfrachtung 226
— —, Verwendung gegen *Eriosoma lanigerum* 199, 231
— —, Wirksamkeit 162
— *semiflavus*, Saugen am Wirt 158
Aphelopus theliae, Polyembryonie bei 115
Aphidae (= Aphiden), Bekämpfung durch *Entomophthora exitialis* 100

Aphidae (= Aphiden), Bekämpfung im Gewächshaus 237
—,interspezifische Konkurrenz der Räuber an 118
—,Nikotinbegasung gegen 208
—,Parasiten und Prädatoren von 129
—,Prädatorenkreis bei 131
—,Vermehrung durch Ameisen 229
—,Verzeichnis der Feinde von 176
—,Verzeichnis der *Itonididae* als Feinde von 176
Aphidecta obliterata, parasitenfreie Aufzucht 186
Aphidencyrtus spp., Lebensdauer und Ernährung 148
Aphidiidae, Parasiten von 129
Aphis brassicae syn. *Brevicoryne brassicae*
Aphis fabae, Punktbehandlung gegen 212
— —,geschützt durch *Lasius niger* 120
— *gossypii* syn. *Cerosipha gossypii*
— *salicis* syn. *Pterocomma salicis*
— *sambuci*, Nahrungsquelle für *Adalia bipunctata* 144
— —,Nahrungsquelle für *Coccinella septempunctata* 144
Aphycus, Sexualindex und Wirt 154
— spp., abhängig von Ameisen 121
— — parasitiert von *Coccophagus lycimnia* 140
— *helvolus* durch Ameisen angezeigt 121
— — durch Ameisen gestört 120
— —,Einfluß auf Ameisen-Besatz 121
— —,Anreicherung von *Saissetia oleae* für 234
— —,Eibildung und Ernährung 148
— —,Eiproduktion, synovigen 152
— —,Förderung durch Oleander-Anpflanzung 204
— —,Massenzucht 215, 222
— —,Parasit von *Saissetia oleae* 120, 121, 162, 177, 181, 199, 204, 222, 231
— —,periodische Freilassung 231
— —,Saugen am Wirt 158
— —,Sammeln von 177
— —,Suchfähigkeit und Eiproduktion 125
— —,Verwendung gegen *Saissetia oleae* 199, 222, 231
— —,Wirksamkeit 162
— *lounsburyi*, Parasit von *Scutellista cyanea* 194
— —,parasitiert von *Quaylea whittieri* 194
— —,Verwendung gegen *Saissetia oleae* 199
— *luteolus* durch Ameisen gestört 120
— — gegen *Coccus hesperidum* im Gewächshaus 237
— —,Parasit von *Coccus hesperidum* 120
— —,synovigen 152
Aphytis spp. gegen *Aonidiella aurantii* 231
— — gegen Schildläuse 233
— —,Kreuzungen von 223
— —,Massenzucht gegen *Aonidiella aurantii* 222
— —,periodische Freilassung 231
— — für Überschwemmung 233
— —,Wirtszucht für Produktion von (Abb.) 218
— —,Zuchten an *Aonidiella aurantii* 217
— *chrysomphali* parasitiert *Chrysomphalus dictyospermi* 119
— *lepidosaphes*, Parasit von *Lepidosaphes beckii* 212
— —,Schonung durch Punktbehandlung 212
— *lingnanensis*, Förderung durch Zwischenwirte 204
— —,Klimaabhängigkeit 151
— —,Parasit von *Aonidiella aurantii* 151, 204
— —,Verwendung gegen *Aonidiella aurantii* 199, 217
— —,Zucht an *Aspidiotus hederae* 217
— —,Zuchtschrank (Abb.) 217
— —,Zuchtziele 223
— *maculicornis*, Parasit von *Parlatoria oleae* 180
— —,Rassen von 180
— —,Verwendung gegen *Parlatoria oleae* 199
— *mytilaspidis* gegen *Lepidosaphes ulmi* 223
— —,Rassenselektion 223
Apion ulicis, praktische Verwendung gegen *Ulex europaeus* 284, 288
Apis mellifera, s. a. Honigbiene, *Beauveria bassiana*-Infektion im Freiland 97
— — gegen *Bacillus thuringiensis* nicht anfällig 85
— —,Virus an, Typenübersicht 59
— — und Wachsmottenbekämpfung 85
— *mellifica* syn. *Apis mellifera*
Aplocheilus gegen Mückenlarven 263
Aplomyia caesar, Eientwicklung in Lepidopteren-Larven 139
— —,— — *Pyrausta nubilalis* 139
Apodemus s. Waldmäuse
Aporia crataegi, Gradationszusammenbruch durch Kernpolyedrose 44
— —,Mikrosporidiosen an, Gewebespezifität 74
— —,Polyeder von (Abb.) 58
— —,Polyeder in Körperzellen von (Abb.) 57
— —,Viruserkrankung verstärkt durch Bakterien 40
— —,Virusstäbchen von (Abb.) 61
apparent mortality von Schadinsekten 160
Apparenz von Beute- und Wirtsart 126
Aptesis basizona, Lebensdauer und Ernährung 147
— *basizonia* syn. *A. basizona*
Aradidae, Bekämpfung durch *Beauveria bassiana* 99
Aradus cinnamomeus, Bekämpfung durch *Beauveria bassiana* 99
Aramite, selektive Wirkung 210, 211
Aranea s. Spinnen
Archips fumiferana syn. *Choristoneura fumiferana*
Archytas cirphis, Anzahl bei Ansiedlung 195
Arctia caja, praktische Bekämpfung durch *Bacillus thuringiensis* 85
— —,*Trichogramma semblidis* an Eiern von (Abb.) 140
— —,Wirt für *Trichogramma evanescens* 141
area of discovery 25

Argentine ant s. *Iridomyrmex humilis*
Argentinische Raubameise s. *Iridomyrmex humilis*
Argynnis sp., unvollständiger Parasitismus durch *Trichogramma* 139
Argyrostagma niobe, Kernpolyeder aus Raupe von (Abb.) 61
Argyrotaenia velutinana, Bekämpfung durch Granulose 68, 69
Arma custos, Nahrung 144
Armillaria mellea, *Trichoderma* und *Penicillium* bei Fungizid-Anwendung gegen 111
armyworm s. *Pseudaletia unipuncta*
Arrhenotokie bei Schlupfwespen 153
Artbegrenzung, innerartliche 27
Arterhaltung von Räubern und Parasiten 163
Arthropoden 2
—,Anwendung nützlicher 171—257
—,eingeführte, Bekämpfungsbeispiele mit 199—200
—,Nematoden gegen 258
—,räuberische, Ernährungsformen 143—145
—,—,Konkurrenz unter 118
—,Repellents für 213
—,Verwendung, Grundlagen 112—171
—,— gegen Schadinsekten und Milben 112—257
Arthropodenvirosen 65
Arthropodophagales, Definition 57
Artona spp., parasitiert von *Ptychomyia remota* 127
— *catoxantha*, *Apanteles artonae*, Parasit von 135
— —,erfolgreiche Bekämpfung 182
— —,Generationentrennung durch *Apanteles artonae* 135
Artspezifität von insektenpathogenen Mikrosporidiosen, Zusammenstellung 74
Arvenspinner, Sibirischer s. *Dendrolimus sibiricus*
Asaphes sp., Parasit von *Aphelinidae* 129
— —,— — *Cecidomyiidae* 129
— —,— — *Coccinellidae* 129
— —,— — *Syrphidae* 129
Ascomycetes, insektenpathogene 90
Asilidae, Prädatoren als Imagines 144
Asolcus semistriatus syn. *Microphanurus semistriatus*
Aspergillus sp. humanpathogene Nebenwirkung 96
— insektenpathogen 90
— *repens*, Verwendung gegen *Eurygaster integriceps* 100
— *versicolor*, fakultativer Parasit für Insekten 91, 92
Aspidiotus, Zehrwespen im Gewächshaus gegen 236
— *destructor*, Bekämpfung durch *Chilocorus nigritus* 230
— —,— — *Cryptognatha nodiceps* 199
— —,*Cryptognatha nodiceps* spezifischer Räuber von 131
— *hederae*, *Aphytis lingnanensis*-Zucht an 217
— —,Bekämpfung durch *Lindorus lophantae* 231
— *lataniae*, Raubmilbenbekämpfung in Zucht von 219
— *perniciosus* für Entomophagenzucht 218
— — s. a. San-José-Schildlaus
— —,Arbeitsgemeinschaft der C. I. L. B. 12
— —,Parasitenzucht in Deutschland 10
— —,potentielles Verbreitungsgebiet 20
Asterolecanium pustulans, Bekämpfung durch *Chilocorus cacti* 199
Astyanax bimaculatus gegen *Aedes fasciatus* 263
Athiopsar cristatellatus gegen *Malacosoma* spp. 266
Attapulgit, Trägerstoff für Bakterien 84
Aufbau insektenpathogener Mikrosporidien 72—73
Aufgaben der biologischen Bekämpfung 295
Aufwandmengen der Viren im praktischen Einsatz 65
Aufzucht der Wirte, Parasiten-Tätigkeit 239
Aulacaspis pentagona syn. *Pseudaulacaspis pentagona*
— — biol. Bekämpfung in Italien 6
— *rosae*, parasitiert von *Adelencyrtus aulacaspidis* 139
— —,Parasitierung abhängig von Nährpflanze 139
Ausbreitung, intraareale, von Entomophagen 225
—,künstliche, von insektenpathogenen Bakterien 82
—,natürliche, insektenpathogener Pilze 94—95
— von Seuchenerregern durch Glieder der Biozönose 46
Ausbreitungsgleichgewicht bei Entomophagen 198
Ausbringung insektenpathogener Mikroorganismen 53
Außeneinflüsse auf Populationsdichteschwankungen 21
Ausgangspopulation der Nützlinge 216
Ausrottung durch biologische Bekämpfung 297
— von Populationen 29
Aussetzen von Phytophagen 243
Auswahl von Entomophagen aus entfernten Gebieten 174—190
Autographa californica, Virose, Dauerwirkung 45
Autoparasitismus 124
Aves s. Vögel

Bacillus lentimorbus, Färbung *oleae* an 134
Bacillus cereus, fakultativ pathogen für Insekten 79
— — gegen viele Lepidopteren unwirksam 86
— —,pathogene Wirkung 86
— —,Phospholipase-Bildung 80
— —,praktische Verwendung gegen *Carpocapsa pomonella* erfolglos 86
— —,Wirksamkeit gegen Hymenopteren 86
— —,— — *Pristiphora erichsonii* 86
— *dendrolimus* syn. *Bacillus thuringiensis* var. *dendrolimus*
— *larvae*, obligat pathogen für Insekten 79
— *lentimorbus*, Entwicklung in *Popillia japonica* 86
— — an Japankäfer, Kultur 82

Bacillus lentimorbus, Färbung 86
— — obligat pathogen für Insekten 79
— —,parasporaler Körper von 86
— —,Pathologie 86, 87
— —,praktische Verwendung gegen *Amphimallon majalis* 87
— —,Sporenproduktion durch Injektion der Engerlinge 87
— *pinotii* gegen Schnecken 260
— *popilliae*, Entwicklung in *Popillia japonica* 86
— —,Entwicklungsformen (Abb.) 86
— —,Färbung 86
— — an Japankäfer, Infektionsweg 80
— — — —,Kultur 82
— — bei Japankäferengerlingen, lokale Infektionen 37
— —,obligat pathogen für Insekten 79
— —,parasporale Einschlüsse 79
— —,parasporaler Körper von 86
— —,praktische Verwendung gegen *Amphimallon majalis* 87
— —,— — — *Popillia japonica* 86, 87
— —,Sporenproduktion durch Injektion der Engerlinge 87
— —,Standardpräparat und Haltbarkeit 87
— —,Symptome an *Melolontha*-Engerlingen 40
— —,— — *Popillia japonica*-Engerlingen 40
— *subtilis*, fakultativ pathogen für Insekten 79
— *thuringiensis* (Abb.) 84
— — -Befall, Diagnose 84
— —,Darmsaft-Wirkung bei Insekten auf 37
— —,Endotoxin-Wirkung 84
— —,Entwicklung 84
— —,Färbung 84
— —,Feldversuche mit 84—87
— —,Fungizidverträglichkeit 52
— — gegen *Carpocapsa pomonella* wirkungslos 86
— — — *Colias philodice eurytheme* 40
— —,Großproduktion 300
— —,Krankheitsverlauf an Lepidopteren durch 84
— —,kristalline Einschlüsse 79
— —,Kultur 81
— —,Lebensdauer der Sporen 82
— —,*Lymantria dispar* relativ tolerant gegen 84
— —,Maikäferengerlings-Infektion durch 38
— —,Morphologie 84
— —,negative Infektionsversuche mit 86
— —,obligat pathogen für Insekten 79
— — an *Pieris brassicae* und *Aparteles*-Befall 46
— —,*Pieris rapae*-Raupensterblichkeit durch (Abb.) 85
— — -Präparate, Zusammensetzung 82
— —,praktische Verwendung gegen *Adisura adkinsoni* 86
— —,— — — *Arctia caja* 85
— —,— — — *Cacoecia crataegana* 86
— —,— — — *Carpocapsa pomonella* erfolglos 86
— —,— — — *Chloridea peltigera* 85
— —,— — — *Clysia ambiguella* 85
— —,— — — *Colias lesba* 85
— —,— — — *Colias philodice eurytheme* 85
— —,— — — *Dendrolimus sibiricus* 86
— —,— — — *Ephestia kuehniella* 83, 86
— —,— — — *Galleria mellonella* 85
— —,— — — *Gnorimoschema operculella* 85
— —,— — — *Hellula undalis* 85
— —,— — — *Hyponomeuta* sp. 86
— —,— — — *Lepidoptera*, verschiedene 83—87
— —,— — — *Operophtera brumata* 86
— —,— — — *Pectinophora gossypiella* 85
— —,— — — *Pieridae* 85
— —,— — — *Pieris brassicae* 85
— —,— — — *Pieris rapae* 85
— —,— — — *Plutella maculipennis* 85
— —,— — — *Polychrosis botrana* 85
— —,— — — *Protoparce quinquemaculata* 85
— —,— — — *Protoparce sexta* 85
— —,— — — *Pyrausta nubilalis* 84, 85
— —,— — — *Sparganotis pilleriana* 85
— —,— — — *Thaumetopoea pityocampa* 85
— —,— — — *Tortrix viridana* 86
— —,— — — *Trichoplusia ni* 85
— —,— — Zusammenfassung 86
— —,Temperaturoptimum 81
— —,Toxinbildung 80
— —,Warmblüter-Toxizität 84
— — wirkungslos gegen Hymenopteren 46
— —,Wirtsspektrum 83, 84
— — var. *alesti*, Wirtsspektrum 83, 84
— — var. *dendrolimus*, praktische Verwendung gegen *Cacoecia crataegana* 83
— — var. *sotto*, Wirtsspektrum 83, 84
— *cazaubon* syn. *B. thuringiensis*
— *melolonthae liquefaciens*, Formwechsel 80
— *pyrenei* syn. *B. thuringiensis*
Bär, Brauner s. *Arctia caja*
Bärenspinner, Weißer s. a. *Hyphantria cunea*
Bakteriämie der Japankäfer-Engerlinge 37
Bakterien, Adaptation, enzymatische 48, 81
— apathogene, für Insekten 79
—,fakultativ pathogene für Insekten 79
— gegen *Microtus guentheri* 104
— — Nagetiere 104—105
— — Nagetiere, Humanpathogenität 104
— — —,Verbot in Deutschland 105
— — —,Vor- und Nachteile 104—105

— — Schnecken 260
— — Wirbeltiere 104—105
—,insektenpathogene, meist Aërobier 80
—,—,Bestimmung 80
—,—,diagnostische Eigenschaften 80
—,—,Enzyme von 80, 81
—,—,Formwechsel 79, 80
—,—,Infektionsweg 80
—,—,künstliche Verbreitung 81
—,—,Kultur 81
—,—,Massenproduktion 81—82
—,—,Morphologie 79—80
—,—,Nährböden 81
—,—,obligate 79
—,—,Pathogenitätsprüfung 80
—,—,Pathologie 79—80
—,—,praktische Nutzung 82—87
—,—,Sporen 79
—,—,Stoffwechselleistungen 80
—,—,Typen 79
—,—,Übertragung via ovo 80
—,—,Verwendung 79—90
—,—,Virulenzänderung 36, 54, 80
—,—,Virulenzverlust 81, 83
—,pathogene, an *Muridae* 104
—,—,an Ziesel 104
—,—,Zwergmaus 104
— krankheiten, verstärkt durch Virosen 40
— präparate, Zusammensetzung 82
Bakterio-Agglutinine bei Insekten 38
Bakteriophagen gegen human- und tierpathogene Bakterien 111
Bakteriosen, latente bei Insekten 39
—,lokale Infektionen verursachend 37
—,Symptome an Insektenlarven 40
Bakterizide in der Hämolymphe 37
Balsamtanne, *Dreyfusia piceae* an 128
Barathra brassicae, Bekämpfung durch *Trichogramma evanescens* 233
Basidiomycetes, insektenpathogene 90
Baumhaueria spp., Wirksamkeit 159
Baumläufer, Siedlungsdichte 268
Baumläuse s. *Lachnidae*
Baumweißling s. *Aporia crataegi*
Baumwolle, Anlockung von Nützlingen für 203
—,*Pectinophora gossypiella* an, Bekämpfung 85
—,Schädlinge, Spezialinstitut in Ägypten 11
—,—,— in Indien 11
—,Spritzplan für 211
—,überwachte Schädlingsbekämpfung bei 208
—,*Verticillium*-Welke an, Bekämpfung 110
Baumwollschädlinge, mikroklimatische Förderung der Prädatoren der 203
Baumwollwurm, Ägyptischer s. *Prodenia litura*
bean weevil s. *Acanthoscelides obtectus*
Beauveria sp., humanpathogen 96
— —,insektenpathogen 90
— *bassiana*, Auslese virulenter Stämme 92
— — an *Cleonus punctiventris*, Blutbild 91
— — — *Eurygaster integriceps*, wechselnde Toleranz 93
— — — *Leptinotarsa decemlineata* (Abb.) 96
— — — — —,Altersresistenz 93
— —,Ferbam-Empfindlichkeit 96
— — gegen *Aradus cinnamomeus*, praktische Verwendung 99
— — — *Blissus leucopterus*, Erfolgsaussichten 98
— — — *Carpocapsa pomonella* 96
— — — *Eurygaster integriceps*, praktische Verwendung 99
— — — *Leptinotarsa decemlineata*, praktische Verwendung 99
— — — — —,Sprühen und Stäuben 95
— — — *Tetranychus urticae*, praktische Verwendung 99
— —,Haltbarkeit der Sporen 94
— —,humanpathogen 96
— —,Infektionstemperatur 92
— — kombiniert mit DDT gegen *Caliroa limacina* 95
— — — — — — *Carpocapsa pomonella* 95
— — — — — — *Euproctis chrysorrhoea* 95
— — — — — — *Eurygaster integriceps* nicht bewährt 95
— — — — — — *Galerucella luteola* 95
— — — — — — *Hyphantria cunea* 95
— — — — — — *Leptinotarsa decemlineata* 95
— — — — — — *Malacosoma neustria* 95
— — — — HCH gegen *Cleonus punctiventris* 95
— —,Nährböden für Massenkultur 94
— —,Nebenwirkung auf Nützlinge 97
— —,Sporenerträge bei Massenkultur 94
— —,Sporenverstäubung mit Streckmitteln 95
— — unschädlich für *Apanteles congregatus* 97
— — — für *Compsilura concinnata* 97
— —,Verträglichkeit mit Insektiziden 95
— *globulifera* syn. *Beauveria bassiana*
— sp. gegen *Pyrausta nubilalis* als Streumittel 95
— *tenella*, Dosierung bei Verwendung als Gießmittel 95
— —,Infektionstemperatur 92
— —,*Melolontha* sp.-Infektion abhängig von Bodeneigenschaften 93
— — an *Melolontha* sp. Krankheitsbild (Abb.) 92
— —,*Melolontha* sp., praktische Verwendung gegen 99
beet armyworm s. *Laphygma exigua*
— webworm s. *Loxostege sticticalis*
Begrenztheit biologischer Bekämpfung 298

Begrenzungsfaktoren, biotische, gebietsabhängig 27, 28
—,Hierarchie der, nach Milne 29
— einer Population 25
—,unvollkommen dichteabhängige 29
—,— — und Epizootien 42, 43
—,Veränderlichkeit der 29
Bekämpfung von Insekten mit Mikroorganismen 35—104
— — Krankheiten und Schadarthropoden im Insektarium 219
— phytopathogener Pilze 110, 111
— technische, Schonung der Entomophagen bei 204—214
Bekämpfungsverfahren, biologische 15—17
Beobachten einzuführender Entomophagen 177—178
Beobachtungen an Entomophagen 238
Bergoldiavirus, in Typenübersicht für Viren 59
Bermuda-Zeder, *Carulaspis minima* an 282, 299
—,*Lepidosaphes newsteadi* an 282
—,Schildläuse an 131
Beschaffung von Entomophagen aus entfernten Gebieten 174—190
Bessa harveyi, Parasit von *Pristophora erichsonii* 142
Bestimmung einzuführender Entomophagen 178
— insektenpathogener Bakterien 80
— und Herkunft des Schädlings vor Einfuhr von Nutzarthropoden 174—175
Bestimmungsdienst, internationaler 12, 178
Bestimmungsstellen für Entomophagen 178
Beta vulgaris s. Rübe
Betonit, Trägerstoff für Polyeder 69
Beute-/Wirts-Eignung 132—133
Beutedichte und Räuberdichte 144—145
Bevölkerungsschwankungen, Dämpfung durch vielfältige Biozönose 31
— durch natürliche Feinde 29
Bevölkerungstheorie von Nicholson 26
bevölkerungswissenschaftliche Grundlagen der biologischen Bekämpfung 18—31
Bevorzugung der Wirte bestimmter Fraßpflanzen 128
Bigonicheta setipennis syn. *Digonochaeta setipennis*
— *spinipennis* syn. *Digonochaeta setipennis*
bioklimatischer Vergleich bei Beschaffung von Entomophagen 175
biological check method 242
— control, Definition 1, 2, 3
biologische Abschirmung bei Erfolgskontrolle 242
— Bekämpfung, Aufgaben 295
— —,Ausrottung 297
— —,Begrenztheit 298
— —,bevölkerungswissenschaftliche Grundlagen 18—31
— —,Definition 1—3
— — durch eingeführte Arthropoden, Beispiele 199—200
— —,Entwicklung 295
— —,eradikative Phase 3
— —,Erfolg 296
— —,Erfolge mit spezifischen Feinden 30
— —,Fehlschläge 296
— —,Forschungszentren in USA 5
— —,Geschichte 3—7
— —,Geschichte, Verwendung von Metazoen 4—6
— —,— — — Mikroorganismen 6—7
— — im Gewächshaus 234—237
— —,Grenzfälle 17—18
— —,Grundlagen 15—35
— —,Internationale Organisationen 11—12
— —,Kombination mit Insektiziden 53
— —,Ordnungsbegriffe 15—17
— —,Organisation, Ägypten 11
— —,—,Afrika 9, 11
— —,—,Amerika 7, 8, 9
— —,—,Australien 9
— —,—,Deutschland 10
— —,—,Eurasien 9—11
— —,—,Frankreich 10
— —,—,Großbritannien 11
— —,—,Holland 10
— —,—,Indien 11
— —,—,Iran 11
— —,—,Israel 11
— —,—,Italien 10
— —,—,Japan 11
— —,—,Jugoslawien 10
— —,—,Kanada 8
— —,—,Mittelamerika 9
— —,—,Neuseeland 9
— —,—,Pazifische Inseln 9
— —,—,Polen 11
— —,—,Portugal 11
— —,—,Schweiz 11
— —,—,Spanien 10
— —,—,Südamerika 9
— —,—,Tschechoslowakei 10
— —,—,UdSSR 9, 10
— —,—,Ungarn 11
— —,—,USA 7, 8
— —,Probleme und Zukunftsaufgaben 294 bis 302
— —,prophylaktische Phase 3
— — syn. biologische Regelung 3
— — syn. biologische Vorbeugung 3
— —,Teilerfolge 297
— —,Typen 3, 15—17
— —,wirtschaftliche Erfolge 16
— —,Wirkungsdauer als Einteilungsprinzip 15
— Bekämpfungsverfahren, Unterschied zu kulturellen Verfahren 3
— —,Unterteilung nach Herkunft 15
— Methoden des Pflanzenschutzes, Kennzeichen 2
— Regelung syn. biologische Bekämpfung 3
— und chemische Bekämpfung, Finanzierung 300, 301
— und technische Verfahren, Beziehung 299
— Unkrautbekämpfung s. a. Unkrautbekämpfung 281 bis 294
— —,Beispiele 283—286
— —,Durchführung 288 bis 292
— Verfahren, Kombination mit chemischen 224
— —,kombiniert mit technischen 206—214
— —,Nachhaltigkeit 299
— —,Wirkungsdauer 2
— Vorbeugung syn. biologische Bekämpfung 3

Biophagen unter Parasiten 146
biotische Faktoren, Einfluß auf Populationsdynamik 22
Biotypen von Entomophagen 180
— — —,Selektion 222—225
— — Parasiten, Klimaeinfluß 150
Biozönose, Begriff 2
—,Gesamtwirkung der Pflanzenschutzmittel auf 207
—,Regulationsfähigkeit 202
biozönose-eigen, vermiedener Begriff 15
— fremd, vermiedener Begriff 15
Biozönosen, arme, führen zu Massenvermehrung 31
Biozönosetypen, Beziehung zu Gradationstypen 20
Biston hirtarius 139
Biston hirtarius, Parasitierung abhängig von Nährpflanze 139
bitter brush s. *Purshia tridentata*
black sage s. *Cordia macrostachya* 284
black scale s. *Saissetia oleae*
Blastothrix sericea, Unterscheidung belegter Wirte 130
Blattflöhe s. a. *Psylloidea*, Honigtau für Prädatoren von 143
Blattisocius tineivorus, Bekämpfung im Insektarium 219
Blattläuse s. a. *Aphidoidea*
—,Honigtau für Prädatoren von 143
—,Räuber der 129
Blattlaus-„Löwen" s. *Chrysopidae*
Blattlausparasiten, Fanggerät für 183
Blattwespen s. a. *Tenthredinidae*
—,Bekämpfung durch *Formica rufa* 228
—,Larven, Virusbefall, Symptome 41
Blaualgen gegen Insekten 261
Blausäure, Empfindlichkeit von Nutzarthropoden 206
— unwirksam gegen *Encarsia formosa* 235
Bleiarsenat, selektive Wirkung 210
Blissus leucopterus, Bekämpfung durch *Beauveria bassiana*, Erfolgsaussichten 98
— —,Gradationszusammenbruch durch Mycose 44
Blitophaga undata, Haushühner gegen 280
Blumenkohl s. a. Kohl, *Trichoplusia ni* an 66
Blutlaus s. *Eriosoma lanigerum*
Blutlauszehrwespe s. *Aphelinus mali*
Boden-bearbeitung, Wirkung auf Entomophagen 204
— desinfektion durch Fungizide und mikrobiologischer Antagonismus 111
— schädlinge, Schafe gegen 280
Bohne, *Tetranychus urticae* an, Bekämpfung 99
—,überwachte Schädlingsbekämpfung bei 208
Bohnenlaus, Schwarze s. *Aphis fabae*
Bohnenwinde s. *Dolichos*
Bohrfliegen s. *Trypetidae*
bombyx disparate s. *Lymantria dispar*
Bombyx mori, germinative *Mikrosporidiosen*-Ausbreitung 46
— —,— Virus-Ausbreitung 46
— —,Kernpolyeder-Form von 57
— —,Kernpolyeder von (Abb.) 58
— —,Kernpolyeder-Virose in Geweben von (Abb.) 63
— —,— — des, Resistenz der Maikäfer 37
— —,—,Virusstäbchen (Abb.) 62
— —,Mikrosporidien-Befall, Symptome 75
— —,— Übertragung durch das Ei 76
— —,Mikrosporidiosen an, Gewebespezifität 74
— —,Mutabilität bei Kernpolyederviren von 48
— —,Pebrine an, in Zuchtgebieten 77
— — permanent virusverseucht 45
— —,Polyeder, Alkali-Wirkung 58
— —,— Massenproduktion an 64
— —,Polyederviren-Vermehrung, künstliche in Puppen von 37
— —,Sexualduftstoff für 213
— —,Viren an, Typenübersicht 59
— —,Viren-Vermehrung in 60
— —,Virus-Aktivierung durch Diapause bei 39
— —,Virusinfektion, latente 39
— —,Zuchten, gefährdet durch *Beauveria bassiana* 97
— —,Zuchtgebiete, Gefahr durch *Nosema*-Verwendung 77
bombyx neustrien s. *Malacosoma neustria*
Bordeaux-Brühe, Empfindlichkeit von *Entomophthora* sp. für 96
Borkenkäfer s. *Dendroctonus engelmanni*
— s. *Hylurgops palliatus*
Borrelinavirus, in Typenübersicht für Viren 59
— *compeoles* gegen *Colias philodice eurytheme* 40
Bothynoderes sp., parasitiert von *Neoaplectana bothynoderi* 259
— *punctiventris* syn. *Cleonus punctriventris*
Brachkäfer, Gemeiner s. *Amphimallon solstitialis*
Brachymeria euploeae, Eiproduktion 152
— —,Futterpflanzen für 202
— —,Parasit von *Margaronia marinata* 202
— —,— — *Oreta carnea* 202
Bracon gelechiae, Geschlechterverhältnis 140
— —,Parasit von *Corcyra cephalonica* 140
— *hebetor*, Entwicklung 147
— — gegen *Ephestia kuehniella* 232
— —,Larven-Ernährung 145
— —,periodische Anreicherung 232
— —,Witterungsabhängigkeit 150
Braconidae (= Braconiden), Bestimmung 178
—,Feinde von *Brevicoryne brassicae* 208
—,Fressen am Wirt 148
—,Inzucht 220
—,Polyembryonie bei *Lepidoptera* 146

Braconidae (= Braconiden), Schonung bei Nikotinbegasung 208
—,typische Parasiten 113
—,unwirksame Insektizide für 210
—,Verbreiter von Kernpolyedrose 67
Brassica nigra s. Senf
— *oleracea* s. Kohl
Breitenwirkung, fehlende, bei mikrobiologischen Verfahren 54
Breitrüßler s. *Anthribidae*
Brevicoryne brassicae, Braconiden Feinde von 208
— —,Coccinelliden Feinde von 208
— —,Dosierung organischer P-Verbindungen gegen 208, 209
— —,Nikotinbegasung gegen 208
— —,Pflanzenschutzmittel-Wahl gegen 211
— —,Syrphiden Feinde von 208
Bromus octosignatus, Sammlung 230
— —,Verwendung gegen *Hypera postica* 230
Brucellaceae, apathogene für Insekten 79
bruche du haricot s. *Acanthoscelides obtectus*
Bruchus pisorum, parasitiert von *Lathromeris senex* 202, 231
— —,Sammlung der Parasiten von 231
Brutstätte, Entzug, Grenzfall biologischer Bekämpfung 17
Bryobia redikorzevi, Bekämpfung kombiniert mit *Carpocapsa pomonella*-Bekämpfung 95
Buche, *Schizodryobius pallipes* an 143
Buchenkrebs-Baumlaus s. *Schizodryobius pallipes*
Bufo marinus, Ausrottung 297
— — gegen Schädlinge 264
Bufonidae gegen Schädlinge 264
Bunostomum 259
Bupalus piniarius, Ameisen gegen 229
— —,Mykoseerkrankung und Wetter 44
— —,praktische Bekämpfung durch *Spicaria farinosa* 100
— —,Schweine gegen 280
— —,Vögel gegen 273
Buschhornblattwespen s. *Diprionidae*

cabbage aphid s. *Brevicoryne brassicae*
Cacoecia crataegana, Bekämpfung durch *Bacillus thuringiensis* 83, 86
— —,— — *Pesudomonas chlororaphis* 82
— —,— — *Pseudomonas reptilivora* 83
— *histrionana* syn. *Parasyndemis histrionana*
— *murinana* syn. *Choristoneura murinana*
— *rosana*, *Trichogramma cacoeciae* Parasit von 136
— —,Zeitwahl für Insektizide gegen 212
Cactoblastis cactorum gegen *Opuntia megacantha* 284, (Abb.) 286
— — — — *stricta* 283, 284
— — — — *vulgaris* 284
— — — Opuntien in Australien (Abb.) 285
— — — Opuntien 282, 283
— —,Wegbereiter für Bakterien 286
Calandra granaria syn. *Sitophilus granarius*
Calciumarsenat, selektive Wirkung 211
California red scale s. *Aonidiella aurantii*
Caliroa limacina, Bekämpfung durch *Beauveria bassiana* + DDT 95
Calliphora vomitaria, parasitiert von *Alysia manducator* 154
Callitroga hominivorax, Bekämpfung durch sterilisierte Männchen 18
Calosoma spp., Verfrachtung 226
— *sycophanta*, Anzahl bei Ansiedlung 194
— —,Räuber an *Lymantria dispar* 194
Campoplex, Sexualindex und Wirtsgröße 154
Capra s. Ziege
Capsidae, unwirksame Insektizide für 210
Captan-Empfindlichkeit von *Entomophthora spec.* 96
Captan, unschädlich für Kapselviren 69
Carabidae, Anzahl bei Ansiedlung 194
— gegen *Lymantria dispar* 4
—,partielle Abschirmung gegen 241
—,Suchfähigkeit 125
—,wichtige Prädatoren 113
Caragana arborescens, *Etiella zinckenella* an 204
Carausius morosus, anfällig gegen *Bacillus thuringiensis* 84
Carcelia excavata, Anreicherung von 232
— — gegen *Malacosoma neustria* 232
— *processioneae*, Parasit von *Thaumetopoea processionea* 211
Carpocapsa pomonella, *Bacillus cereus* erfolglos gegegen 86
— —,— *thuringiensis* wirkungslos gegen 86
— —,Bekämpfung durch *Beauveria bassiana* 96
— —,— — *Beauveria bassiana* + DDT 95
— —,— — *Trichogramma* 232
— —,— — *Trichogramma minutum* 233
— —,— — *Trichogramma pallida* 226
— —,Ferbam-Spritzung nachteilig 96
— —,Fledermäuse gegen 278
— —,Rassen von 289
— —,Ryania selektiv gegen 210
Carulaspis minima, Bekämpfungsfehlschlag 299
— —,Feinde der Bermuda-Zeder 282
Casca smithi, gelegentlicher Parasit von *Aonidiella aurantii* 134
Castanea s. Kastanie 282
Cecidomyiidae syn. *Itonididae*, gegen Opuntien 285
—,parasitiert von *Asaphes* sp. 129
—,— — *Lygocerus* sp. 129
—,— — *Pachyneuron* sp. 129
Centaurea solstitialis, Schaden und Nutzen 282
Centeter cinerea syn. *Hyperecteina aldrichi*

Centrosema pubescens, Eiablage von *Sexava nubila* an 198
Cephalcia abietis, Ameisen gegen 229
Cephaleia abietis syn. *Cephalcia abietis*
Cephalonomia waterstoni gegen *Laemophloeus pusillus* 219
— —,Umstimmung der Wirtswahl 140
Cephalosporium coccorum, Verwendung gegen *Icerya purchasi* 100
— —,— — *Saissetia nigra* 100
— *lecanii*, Verwendung gegen *Coccus pseudomagnoliarum* 100
— —,— — *Icerya purchasi* 100
— —,— — *Saissetia nigra* 100
Cephus pygmaeus, Bekämpfung durch *Collyria calcitrator* 298, 299
— —,Verschickung der Feinde von 190
Ceratitis sp., parasitiert von *Diachasma fullawayi* 182
— *capitata*, Arbeitsgruppe für die biol. Bekämpfung 12
— —,Bekämpfung durch *Diachasma tryoni* 200
— —,Konkurrenz der Parasiten von 180
— —,Parasiten aus anderen Wirten gegen 182
— — parasitiert von *Diachasma fullawayi* 182
— — — — *Diachasma tryoni* 182
— — — — *Opius humilis* 182
Ceroplastes rubens, Bekämpfung durch *Anicetus beneficus* 227
— —,Massenzucht 218
— — parasitiert von *Anicetus beneficus* 127, 225
— — — — — *ceroplastis* 218
Cerosipha gossypii, Pflanzenschutzmittel - Dosierung gegen 208
— —,Zeitwahl für Insektizide gegen 211
Chaetexorista javana, Verwendung gegen *Cnidocampa flavescens* 200
Chalcididae, typische Parasiten 113
Chalcidoidea, Bestimmung 178
—,Ei-Larven-Parasiten bei 114
—,entomophag und phytophag 113
—,Fressen am Wirt 148
— gegen Opuntien 285
—,Individuenzahl bei Ansiedlung 194
—,Kopulation in Massenzuchten 220
—,typische Parasiten 113
Chamaemyiidae, Prädatoren von *Dreyfusia piceae* 129
Characeae gegen Insekten 261
Charaeas graminis, Vogelfeinde von 271
Chelinidea tabulata gegen Opuntien 285
Cheloninae, ento-, später ektoparasitisch 114
Chelonus annulipes, Massenzucht 215
— —,Parasit von *Pyrausta nubilalis* 195
— —,Zeitpunkt der Freilassung 195
— *contractus*, Massenzucht 215
— *texanus*, Abfangen 221
— —,Parasit von *Loxostege frustalis* 221
— —,Verwendung gegen *Loxostege frustalis* 221
Chemikalien, Stressoren bei Insektenvirosen 39
—,ungünstige Nebenwirkungen 205, 206
—,Vergleich zur Mikroorganismenverwendung 55, 56
—,Verträglichkeit mit Erregern von Insektenkrankheiten 52
chemische Abschirmung für Erfolgskontrolle 241
— Fallenmethode 242
— Maßnahmen des Pflanzenschutzes, Ordnungbegriff 3
— Verfahren im Insektarium 219
Chermes piceae syn. *Dreyfusia piceae*
Chermesidae, interspezifische Konkurrenz der Räuber bei 118
—,*Laricobius erichsonii* Räuber von 118
Chilo sp., *Microbracon chinensis*-Zucht an 217
— *simplex*, Bekämpfung durch *Phanurus beneficiens* 231
Chilocorus cacti, Ausrottung 297
— —,Verwendung gegen *Asterolecanium pustulans* 199
— *nigritus*, Sammlung 230
— —,Verwendung gegen *Aonidiella aurantii* 230
— —,— — *Aspidiotus destructor* 230
— —,— — *Parlatoria zizi-phus* 230
— *similis*, Fehlschläge mit 296
chinch bug s. *Blissus leucopterus*
Chiroptera s. Fledermäuse
Chitinase, Bildung durch insektenpathogene Pilze 91
Chlorbenzilat, selektive Wirkung 211
Chlordan, gegen Ameisen 214
Chloridea peltigera, Bekämpfung durch *Bacillus thuringiensis* 85
Chlorierte Kohlenwasserstoffe, Gefährdung der Fische 264
— —,Vermeidung von 211
Chloris chloris, Einfuhr 266
Cholophagen, unter Parasiten 146
Chordata s. a. Wirbeltiere, Verwendung von 262 bis 281
Choristoneura fumiferana, Bearbeitung in Kanada 8
— —,Beziehung zu Vogelbestand 271, 272
— —,DDT-Dosierung und Feindschonung 208
— —,Dispersionsdynamik 20
— —,latente Infektionen 49
— —,Lebenstafeln 239
— —,Mikrosporidien - Übertragung durch Spermien und Ei 76
— — parasitiert von *Apechthis* spp. 154
— —,Provokation einer Polyedrose 39
— — — — *Phaeogenes* spp. 154
— — — — *Pseudosarcophaga affinis* 143
— —,Verfrachtung der Parasiten von 226
— —,mehrere Virosen im gleichen Tier 63
— —,Zuchtsubstrat für 218

Choristoneura murinana, Granuloseviren verursachen Polyedrose bei C. *fumiferana* 39
— —,Granulosis (Abb.) 60
— —,Krankheitsanfälligkeit und Temperatur 44
— —,Parasitenverluste durch DDT 212
— — parasitiert von *Apechthis rufata* 128
— — — — *Itoplectis maculator* 122
— — — — *Monodontomerus aereus* 122
— —,stäbchenförmiges Virus von (Abb.) 60
— —,Virus an, Typenübersicht 59
— —,Vogelfeinde von 271
Chrysocharis laricinellae gefördert durch *Agathis pumilis* 122
— —,Parasit von *Coleophora laricella* 122
Chrysolina hyperici, praktische Verwendung gegen *Hypericum perforatum* 284
— *quadrigemina* gegen Johannis - Kreuzkraut 286, (Abb.) 292
— —,praktische Verwendung gegen *Hypericum perforatum* 284
Chrysomela gemellata syn. *Chrysolina quadrigemina*
— *hyperici* syn. *Chrysolina hyperici*
Chrysomelidae, Bekämpfung durch *Beauveria bassiana* 99
Chrysomphalus dictyospermi parasitiert von *Aphytis chrysomphali* 119
— —,wenn parasitiert, von *Lindorus lophantae* gemieden 119
Chrysomyia americana syn. *Callitroga hominivorax*
Chrysopa spp., Eier vor Kannibalismus geschützt (Abb.) 118
— *californica* syn. *Chrysopa plorabunda*
— *carnea*, Zucht an *Phoracantha semipunctata* 217
— *plorabunda*, DDT-Empfindlichkeit 205, 231
— —,Ernährung 143, 144, 220
— — gegen *Pseudococcus citri* im Gewächshaus 237
— —,gezüchtete, gegen *Pseudococcus maritimus* 231
— — Räuber von *Paratetranychus citri* 129
— —,Wirtssuche 129
— —,Zucht an *Gnorimoschema operculella* 217
— *rufilabris*, Empfindlichkeit für DDT 205
Chrysopidae, Honigtau für 143
— Feinde von *Trichogramma*, Schema (Abb.) 138
—,Kannibalismus unter 118
— Räuber von *Parlatoria blanchardi* 226
Cicadina s. Zikaden
Cicindela spp., Wirtssuche 129
C.I.L.B. = Commission Internationale de Lutte Biologique contre les Ennemis des Cultures 11
Cimex sp., ungeeigneter *Trichogramma*-Wirt, Schema (Abb.) 138
— Eier, Passage von *Trichogramma evanescens* durch 141
— *lectularius*, Massenzucht 215
— — ungeeignet für *Trichogramma* spp. 137
Cinaropsis pruinosa, Förderung durch Ameisen 229
Circulifer tenellus, indirekte Bekämpfung 283
— —,Ortswechsel und Parasitierung 136
Cirphis unipuncta syn. *Pseudalethia unipuncta*
Citellus citellus s. Ziesel
citrophilus mealybug s. *Pseudococcus gahani*
Citrus s. a. Orangen
—,*Aleurocanthus woglumi* an 8, 162
—,*Aonidiella aurantii* an 177, 204, 230, 231
—,*Aonidiella citrina* an 129
—,biol. Bekämpfung von Schildläusen in Afrika 9
—,— Schädlingsbekämpfung, Spezialinstitut Spanien 10
— blackfly s. *Aleurocanthus woglumi*
— bud mite s. *Aceria sheldoni*
—,*Coccus hesperidum* an 237
—,— *pseudomagnoliarum* an, Bekämpfung 100
—,Erfolgskontrolle an 242
—,Homopteren an 120
—,*Icerya purchasi* an 206
—,— — Bekämpfung 4, 5
—,*Lepidosaphes beckii* an 212
— mealybug s. *Pseudococcus citri*
—,*Metatetranychus citri* an 129, 204
—,Milben an 242
—,Nützlinge 5
—,*Paratetranychus citri* an 129
—,*Parlatoria ziziphus* an 230
—,*Phyllocnistis citrella* an 150, 203
—,*Saissetia oleae* an 181
—,Schädlinge, Spezialinstitut in Israel 11
—,Schildläuse an 242
—,Schildlaus-Begasung mit Blausäure an 206
—,überwachte Schädlingsbekämpfung bei 208
—,Verwendung selektiver Akarizide 211
— kulturen, Spritzpläne für 210
— milbe s. *Metatetranychus citri*
— Schildläuse, Befall durch *Hirsutella besseyi* 96
— —,— — *Myiophagus* sp. 96
— schmierlaus s. *Pseudococcus citri*
Clausenia purpurea, Verwendung gegen *Pseudococcus comstocki* 199
Cleonus punctiventris, Bekämpfung durch *Beauveria bassiana* + HCH 95
— —,— — *Metarrhizium anisopliae* 99
— —,— — *Metarrhizium anisopliae* + HCH 95
— —,biologische und chemische Bekämpfung kombiniert 53
— —,Blutbild bei *Beauveria bassiana*-Infektion 91
— —,— — *Metarrhizium anisopliae*-Infektion 91
— —,Haushühner gegen 280
— —,Infektion mit *Metarrhizium anisopliae* 6
— —,kombinierte Bekämpfung mit *Metarrhizium anisopliae* und mechanisch 97

— — parasitiert von *Xenocrepis bothynoderis* 204
— —,Pilzseuchen nach Walzen des Bodens 97
— —,Puten gegen 280
Clidemia hirta, Bekämpfung durch *Liothrips urichi* 284, 286
Cloaca cloacae var. *acridiorum*, fakultativ pathogen für Insekten 79
— — — —,Lebensdauer 82
— — — —,Nährboden 81
— — — —,praktische Verwendung gegen *Schistocerca paranensis* 83
— — — —,Virulenzverlust 36, 81
— group (type A) syn. *Cloaca cloacae* var. *acridiorum*
Clysia, Nirosan selektiv gegen 209
— *ambiguella*, Bekämpfung durch *Bacillus thuringiensis* 85
— —,— — Entomophagen 172
— —,— — *Trichogramma embryophagum* 232
— —,— — *Trichogramma minutum* 232
— —,Förderung von Mykosen an 97
— —,Pflanzenschutzmittel-Wahl gegen 211
Cnidocampa flavescens, Bekämpfung durch *Chaetexorista javana* 200
coated DDT 210
Coccidae (= Cocciden) s. a. Schildläuse
—,Bekämpfung durch *Cephalosporium lecanii* 100
—,Eiablage von *Coccophagus ochraceus* in 154
—,Verzeichnis der *Itonididae* als Feinde von 176
Coccidien, insektenpathogene Protozoen 72
Coccinella sp., ungeeignet für *Trichogramma*, Schema (Abb.) 138
— spp., Beutesuche 129
— *undecimpunctata*, zur Blattlausbekämpfung 4
— *septempunctata* durch Ameisen gestört 120
— —,Ernährung 144
— —,Kannibalismus bei 118
— —,Räuber von *Aphis fabae* 120
— —,— — *Macrosiphum pisi*, Temperaturabhängigkeit 149
— —,Rassenkreuzungen 223
Coccinellidae (= Coccinelliden), Ameisen gegen 242
—,Feuchtigkeit bei Zucht 220
— gegen Blattläuse 4
— — *Brevicoryne brassicae* 208
— geschützt und ungeschützt vor Ameisen 119, 120
—,Honigtau für 143
—,Kannibalismus bei 118, 119
—,Larvenzucht mit *Dreyfusia piceae* (Abb.) 184
—,Nährmedien für 220
—,Schonung bei Nikotinbegasung 208
—,Suchfähigkeit 125
— parasitiert von *Asaphes* sp. 129
— — — *Lygocerus* sp. 129
— — — *Pachyneuron* sp. 129
— Prädatoren 113
— Räuber von *Dreyfusia piceae* 128
— — von *Lepidosaphes newstaedi* 131
— — von Schildläusen 131
—,Insektizide unwirksam für 210
—,Verfrachtung 226
—,Witterungsabhängigkeit 149
Coccobacillus acridiorum syn. *Cloaca cloacae* var. *acridiorum*
— — gegen *Schistocerca paranensis* (Wanderheuschrecke) 7
— —,Massenzucht und Virulenz-Verlust 36
— *ellingeri*, Kultur 81
— —,Nährböden 81
Coccoidea s. a. Schildläuse
Coccophagus capensis durch Ameisen gefördert 120
— — Parasit von *Saissetia oleae* 120, 132
— —,verschiedene Wirte für Geschlechter von 132
— *gurneyi*, Eiablage 124
— —,Unterschiede der Geschlechter 124
— —,Verwendung gegen *Pseudococcus gahani* 199, 231
— *lycimnia*, Eiablage 124
— — ektoparasitisch an *Aphycus* 140
— — — an *Microterys* 140
— — entoparasitisch in *Coccus hesperidum* 140
— —,ökologisch unvollständiger Parasitismus 134
— — Parasit von *Coccus hesperidum* 134
— —,Unterschiede der Geschlechter 124
— —,Verhaltensänderung 140
— *ochraceus*, Sexualindex 154
— —,Solitärparasit 115
— —,Unterschiede der Geschlechter 124
— *pseudococci*, unvollständiger Parasitismus an *Pseudococcus citri* 135
— *rusti* durch Ameisen gefördert 120
— — Parasit von *Saissetia oleae* 120
— *scutellaris*, Larven-Entwicklung 145
— —,Unterschiede der Geschlechter 124
— *trifasciatus*, Parasit von *Saissetia oleae* 152
— —,proovigen 152
— —,Solitärparasit 115
Coccus, Zehrwespen im Gewächshaus gegen 235
— spp., parasitiert von *Coccophagus lycimnia* 124
— *hesperidum*, Bekämpfung durch *Aphycus luteolus* 237
— —,— im Gewächshaus 237
— —,*Coccophagus lycimnia*, unvollständiger Parasitismus an 134
— — gefördert von *Anoplolepis custodiens* 214
— —,*Metaphycus luteolus* Solitär- und Gregärparasit von 115
— — parasitiert von *Aphycus luteolus* 120
— — — — *Coccophagus lycimnia* 140, 194
— — überparasitiert von *Marietta javensis* 194
— —,Zeitwahl für Insektizide gegen 212
— *pseudomagnoliarum*, Bekämpfung durch *Cephalosporium lecanii* 100
— —,Zeitwahl für Insektizide gegen 212
cochenille du mûrier s. *Pseudaulacaspis pentagona*
— — palmier-dattier s. *Parlatoria blanchardi*

cochenille du rosier s. *Aulacaspis rosae*
Cochlea nemorum, Verwendung 4
cochylis de la vigne s. *Clysia ambiguella*
coconut scale s. *Aspidiotus destructor*
Cocos s. Kokospalme
codling moth s. *Carpocapsa pomonella*
Coffea s. Kaffeebaum
Coleomegilla maculata, Nährmedium für 220
Coleophora laricella parasitiert von *Agathis pumilis* 122
— — — — *Chrysocharis laricinellae* 122
— —, Nadelabfall durch DNC-Mittel 213
Coleoptera, gegen *Bacillus thuringiensis* fast keine anfällig 84
— — *Opuntien* 285
— parasitiert von *Neoaplectana* sp. 259
—, Pflanzenschutzmittel-Wahl gegen 211
—, Verwendung gegen *Lymantria dispar* 200
—, Verzeichnis der *Diptera* als Feinde von 176
—, wichtige Prädatoren bei 113
Colias lesba, Bekämpfung durch *Bacillus thuringiensis* 85
— *philodice eurytheme*, *Apanteles medicaginis*, Parasit von 66
— — —, Befall durch *Apanteles medicaginis* abhängig von Virose der 46
— — —, Bekämpfung durch *Bacillus thuringiensis* 85
— — —, — — Bakteriose und Polyedrose 40
— — —, — — Kernpolyedrose 66, (Abb.) 66
— — —, Bekämpfungserfolg mit Kernpolyedrose (Abb.) 66
— — —, Kernpolyedrose des, Infektionsmethode 53
— — —, — nicht streng spezifisch 62, 63
— — —, Polyedervirus-Konzentration, wirksame von 54
— — —, überwachte Schädlingsbekämpfung gegen 208
— — —, Virusvermehrung 64
Collyria calcitrator gegen *Cephus pygmaeus* 299
— —, Unterscheidung belegter Wirte 130
Colorado potato beetle s. *Leptinotarsa decemlineata* (Say)
Commission Internationale de Lutte Biologique contre les Ennemis des Cultures 11
Commonwealth Institute of Biological Control 11
Comperiella bifasciata, Bekämpfung von *Tetranychus pacificus* in Zuchten von 219
— —, Einfluß der Nährpflanze des Wirtes 139
— — gestört durch Ameisen 214
— — Parasit von *Aonidiella citrina* 129, 175, 214
— —, unvollständiger Parasitismus in *Aonidiella aurantii* 139
— —, Verwendung gegen *Aonidiella citrina* 199
— —, Wirtssuche 129
competition curve = Konkurrenzkurve 25
Compsilura concinnata, *Beauveria bassiana* unschädlich für 97
— —, erfolgreiche Einfuhr in Nordamerika 182
— — vielseitiger Nützling 182
Comstock mealybug s. *Pseudococcus comstocki*
conditioning der Wirtswahl 140
Contarinia tritici, Parasiteneinfuhr 4
Conwentzia hageni, Räuber von *Metatetranychus citri* 129
— —, Wirtssuche 129
Copidosoma sp., Polyembryonie bei 115
— *cidariae*, Polyembryonie in *Püngeleria capreolaria* (Abb.) 147
— *gelechiae*, Geschlechterverhältnis (Tab.) 146
— *koehleri*, Massenzucht an *Gnorimoschema operculella* 222
— *truncatellum*, Sexualindex 154
Corcyra cephalonica parasitiert von *Bracon gelechiae* 140
Cordia macrostachya, Bekämpfung durch *Eurytoma* sp. near *howardi* 284
— —, — — *Schematiza cordiae* 284, 289, 290
— —, *Eurytoma* sp. an 290
— *interrupta*, Futterpflanze für *Apanteles marginiventris* 203
Cordyceps, insektenpathogen 90
— obligater Krankheitserreger für Insekten 91
cotton tail rabbit s. *Sylvilagus* 105
cottony-cushion scale s. *Icerya purchasi* Mask.
Crambidae, parasitiert von *Neoaplectana leucaniae* 258
Crambus bonifatellus, Bekämpfung durch *Nosema infesta* 77
Crioceris asparagi, Bekämpfung durch *Tetrastichus asparagi* 227
Crotolaria, Futterpflanze für *Brachymeria euploeae* 202
crowding Einfluß auf Populationsdynamik 22
crowding als Stressor 39
Cryptochaetum iceryae, Ameisen unwirksam gegen 120
— —, Blausäure-Unempfindlichkeit 206
— —, Larvenentwicklung in *Icerya purchasi* 145
— — Parasit von *Icerya purchasi* 5, 120, 181, 206
Cryptognatha nodiceps spezifischer Räuber von *Aspidiotus destructor* 131
— —, Verwendung gegen *Aspidiotus destructor* 199
Cryptolaemus montrouzieri, Anreicherung von *Pseudococcus gahani* für 234
— —, Anzahl bei Ansiedlung 194
— —, Fruchtbarkeit 216
— — gegen *Planococcus* spp. 149
— — — *Pseudococcus* spp. 149, 211, 231
— — — *Pseudococcus citri* u. a. 199

— — — *Pseudococcus citri* im Gewächshaus 237
— — — *Pseudococcus* und Insektizid-Anwendung 212
— — — Schildläuse 5
— —,gezüchtete, gegen *Ferrisia* spp. 231
— —,— — *Phenacoccus* 231
— —,— — — *citri* 231
— —,— — *Pulvinaria* spp. 231
— —,— — *Ripersia* spp. 231
— —,Klimaabhängigkeit 149
— —,klimatisch widerstandsfähigere Rasse 149
— —,koordinierte Spritzpläne für 210
— —,Massenzucht 215, 217, 222
Cryptus inornatus, gegenseitige Störung 119
— — Parasit von *Loxostege sticticalis*, Parasitenkonkurrenz 117
— —,Unterscheidung belegter Wirte 130
— *sexannulatus*, Entwicklung *in Ephestia kuehniella* 130
Cucumis s. Melone
Culex annulirostris, Myxomatose-Überträger 106
Curaçao, Bekämpfung von *Callitroga hominivorax* auf 18
Curculionidae, Bekämpfung durch *Metarrhizium anisopliae* 99
Curculioniden-Larven, Versand 188
Curcurbita s. Kürbis
Curcurbitaceae, *Aulacaspis rosae* an 139
Cyanophyceae gegen Insekten 261
Cybocephalus palmarum, Prädator von *Parlatoria blanchardi* 226
— —,Verfrachtung 226
Cycas revoluta s. Sagopalme
Cyclorrhapha, Unterscheidung der Larven 177
Cydia molesta syn. *Grapholitha molesta*
— *pomonella* syn. *Carpocapsa pomonella*
Cynipoidea 113
—,Ei-Larven-Parasiten bei 114
Cyprinodon spp. gegen Mückenlarven 263
Cyprinodontes gegen Mückenlarven 263
Cyprinodontidae, Empfindlichkeit gegen Insektizide 264
— gegen Mückenlarven 263
Cyprinus caprio s. Karpfen
Cyrtorhinus mundulus gegen Zuckerrohr-Zikade 5
— — Räuber von *Perkinsiella saccharicida* 128
— —,Verwendung gegen *Perkinsiella saccharicida* 200
— —,Wirtsfindung 128

Dacnusa areolaris, Unterscheidung belegter Wirte 130
Dactylaria thaumasia gegen Nematoden 259
Dactylella ellipsospora gegen *Meloidogyne marioni* 259
Dactylopius ceylonicus syn. *Dactylopius indicus*
— *indicus*, Verwendung gegen *Opuntia dillenii* 284
— —,— — *Opuntia stricta* 284
— —,— — *Opuntia vulgaris* 284
— *opuntiae* syn. *Dactylopius tomentosus*
— *tomentosus* gegen *Opuntia* spp. 282
— —,Verwendung gegen *Opuntia dillenii* 284
— —,— — *Opuntia elatior* 284
— —,— — *Opuntia megacantha* 284
Dacus cucurbitae, örtlich gezielte Bekämpfung 212
— *dorsalis*, Konkurrenz von Parasiten (*Opius* spp.) an (Abb.) 117
— — parasitiert von *Opius* spp. 117
— —,Bekämpfung durch *Opius oophilus* 200
— —,Wirksamkeit von *Opius oophilus* gegen 182
— —,Parasiten aus anderen Wirten gegen 182
— —,Teilerfolg gegen 292
— *oleae*, Bekämpfung und Vegetation 204
— —,Bekämpfung durch Entomophagen 172
— — parasitiert von *Eupelmus urozonus* 204
— *tryoni* parasitiert von *Diachasma tryoni* 182
Dahlbominus, Sexualindex und Wirt 154
— *fuliginosus* syn. *Dahlbominus fuscipennis*
— —,Aussetzen im Puppenstadium 195, (Abb.) 196
— —,Eizahl temperaturabhängig 137
— —,Fruchtbarkeit 216
— — gegen *Diprion* spp. 224
— — — *Diprion pini* 232
— —,Herkunftskreuzungen 223
— —,Lebensdauer und Ernährung 147
— —,Massenzucht 215, 222
— — Parasit von *Diprionidae* 179, 195
— — — — *Diprion hercyniae* (Abb.) 196
— — — — *Neodiprion sertifer* 137
— —,periodische Freilassungen 232
— —,Rassenselektion 222, 224
— —,Temperaturabhängigkeit 150
— —,potentielles Verbreitungsgebiet 179
— —,Vermehrungskraft 216
Dämpfungsfaktoren bei Populationsdichte-Schwankungen 25
Darminhalt der Insekten, Wirkung der Alkalität vom 37
Darmsaft-Alkalität und Parasitenentwicklung bei Lepidopteren 139
Dasychira pudibunda, Gradationszusammenbruch durch Plasmapolyedrose 44
— —,Plasmapolyeder von, provozieren Kern-Polyedrose 39
— —,Virus an, Typenübersicht 59
Dattelpalmen, Ameisenbekämpfung 4
Daucus, Futterpflanze für *Ernestia consobrina* 203
Dauer der Ansiedlungsversuche 196—197
Dauerkontakt bei Entomophagenzucht 217
Dauerwirkung von Epizootien 45
— eingeführter Nützlinge 296
DDT für chemische Abschirmung bei Erfolgskontrolle 241, 242
—,Einbettungsmittel für 209, 210

DDT, Empfindlichkeit von *Chrysopa plorabunda* 231
—,— — *Entomophthora* sp. 96
—,— — insektenpathogenen Pilzen 95
—,— — *Otiorrhynchus ligustici* bei *Nosema*-Befall 76
—,Gefährdung der Fische 264
— gegen Ameisen 214
— zur Erzeugung virulenter Stämme von *Beauveria bassiana* 92
—,Dosierung gegen *Brevicoryne brassicae* 209
—,— — *Choristoneura fumiferana* 208
—,— — *Plutella maculipennis* 209
—,Wirkung auf *Chrysopa* spp. 205
—,— — *Macrocentrus ancylivorus* 205
— Präparat, selektives, gegen *Pseudotheraptus wayi* 210
— Resistenz von *Macrocentrus ancylivorus* 224
—,selektive Wirkung 211
—,Vermeiden von 210
—,Zeitwahl bei Anwendung 211
delayed density-dependent = verzögert dichteabhängig, bei Wirksamkeit von Faktoren auf Populationen 24
Delphastus pusillus, Räuber von *Aleurocanthus woglumi* 162
— —,Wirksamkeit 162
Demeton-Empfindlichkeit von *Entomophthora* sp. 96
—,selektive Wirkung 211
Dendroctonus engelmanni, Spechte gegen 273
Dendroica castanea, Bestandsschwankungen bei Gradation von *Choristoneura* 272
Dendrolimus pini, Anreicherung für *Telenomus verticillatus* 234
— —,Bekämpfung durch *Trichogramma* 233
— —,— — — *embryophagum* 226
— — parasitiert von *Telenomus verticillatus* 230
— — — — *Trichogramma pini* 230
— —,Punktbehandlung gegen 212
— —,Sammlung der Parasiten von 230
— —,Widerstandskraft gegen Mykosen wetterbedingt 93
— —,Zeitwahl für Insektizide gegen 212
— *sibiricus*, Bekämpfung durch *Bacillus thuringiensis* 87
— —,— — *Trichogramma embryophagum* 226
density-dependent = dichteabhängig, bei Wirksamkeit von Faktoren auf Populationen 24, 137
— -dependent, low, bei natürlichen Feinden 30
— governing = density depending, bei Wirksamkeit von Faktoren auf Populationen 24
— -independent = dichteunabhängig 24
— legislative bei Wirksamkeit von Faktoren auf Populationen 24
— -related, Begriff 137
Derodontidae, Prädatoren von *Dreyfusia piceae* 128
Desinfektion kranker Tiere, äußerliche 42
Desoxyribonukleinsäure in Typenübersicht für Viren 59
— — Viren 57
Determination einzuführender Entomophagen 178
Deutschland, biol. Schädlingsbekämpfung, Forschungsrichtungen 10
Diachasma fullaway: wirksam gegen *Ceratitis capitata* 182
— *tryoni* Parasit von *Procecidochares utilis* 298
— —,Verwendung gegen *Ceratitis capitata* 182, 200
— — Parasit von *Dacus tryoni* 182
— —,Solitärparasit 115
— —,Wirtsannahme 130
Diadromus sp., Eiproduktion 152
Diagnose von Insektenkrankheiten 40, 41—42
— insektenpathogener Mikrosporidien 75
— — Pilze 93—94
— von Insektenvirosen 63—64
Diapause-Verlängerung induziert Virosen 39
— beim Wirt und Parasiten-Entwicklung 136
Diaspidinen, Zuchtsubstrate für 218
—,Feinde durch Ameisen verjagt 120
Diaspis, Zehrwespen im Gewächshaus gegen 236
Diatraea sp., Bekämpfung durch *Lixophaga diatraeae* 9, 297
— *saccharalis*, Bekämpfung durch *Paratheresia claripalpis* 227
— —,— — *Trichogramma minutum* 232
— — parasitiert von *Apanteles marginiventris* 203
Dibrachoides dynastes, Räuber von *Hypera variabilis*, Entwicklung 135
Dibrachys cavus, Parasit von *Apanteles* spp. 123
— —,Parasit von *Apanteles glomeratus* 122, 123
— — parasitiert von *Pleurotropis tarsalis* 123
— —,Sekundärparasit von *Lymantria dispar* 123
— —,Zucht an *Gnorimoschema operculella* 217
Dichte, beständige des Wirtes, Berechnung 25
dichteabhängige Faktoren, bevölkerungsregulierend nach Nicholson 26
dichte(un)abhängige Faktoren als Umwelt einer Population 25
dichteunabhängige Faktoren als Populationsbegrenzung 27, 28
Dichteabhängigkeit der Wirkung von Entomophagen 137
—,Unterscheidung zwischen vollkommener und unvollkommener 27
Dichteschwankungen der Populationen 21
Dichte-Verhältnis von Wirt und Parasit 137
Dieldrin, Gefährdung der Fische 264
— gegen Ameisen 214
—,Vogelverluste 269
Differenzverfahren zum Erkennen der Wirkung von natürlichen Feinden 175

Differenzmethode bei Vögeln 271
— für Erfolgskontrolle 240
Digonochaeta setipennis, Entwicklung 135
Dill, *Agrotis segetum* an, Bekämpfung 100
Dinitro-o-kresol, indirekte Wirkung gegen *Coleophora laricella* 213
—,selektive Wirkung 211
Diplazon fissorius, Abwehrreaktionen von *Epistrophe balteata* gegen 142
— —,— — — *bifasciata* gegen 142
— —,— — *Syrphus ribesii* gegen 142
— —,Entwicklung in Wirtslarven 136
— —,Parasit von *Epistrophe* spp. 136
— —,— — Syrphiden 136
— *pectoratorius*, Entwicklung in *Epistrophe bifasciata* 136
Diprionidae, Ameisen gegen 229
—,Aussetzen der Parasiten von 195
— parasitiert von *Dahlbominus fuscipennis* 179
Diprion spp. parasitiert von *Dahlbominus fuscipennis* 224
— *hercyniae*, Bekämpfung erfolgreich 299
— —,— durch *Drino bohemica* 141, 200
— —,— — *Exenterus*-Arten 200
— —,— — Kernpolyeder 68
— —,Beschaffung 215
— —,Feindinsekten von 176
— — parasitiert von *Dahlbominus fuscipennis* (Abb.) 196
— — parasitiert von *Drino bohemica* 162, 179
— — parasitiert von *Exenterus vellicatus* 162
— —,relative Wirksamkeit der Feinde von 162
— —,Virose als dauernde Begrenzung 45, (Abb.)
— —,Zusammenwirken von Parasiten und Viren 46
— *pini*, Bekämpfung durch *Dahlbominus fuscipennis* 232
— —,Bodenbearbeitung und Parasitierung von 204
— —,Schweine gegen 280
— —,*Tetracampe diprioni* Parasit von 135
— *sertifer* syn. *Neodiprion sertifer*
— *similis*, Feindkomplex von 161
Diptera (= Dipteren) s. a. Mücken
—,Entwicklung bei Parasitierung durch *Alysia manducator* 118
—,Fressen am Wirt 148
—,Wirte insektenpathogener Viren 57
— gegen *Bacillus thuringiensis* fast keine anfällig 84
— — *Lymantria dispar*, Verwendung 200
—,Kopulation in Massenzuchten 220
—,Larven-Unterscheidung, Literatur 177
—,Nahrung räuberischer 144
— parasitiert von *Nasonia vitripennis* 139
— — — *Neoaplectana* sp. 259
—,Parasiten von *Coleoptera*, Verzeichnis 176
—,Stadium der Freilassung parasitischer 196
—,typische Parasiten 113
—,wichtige Prädatoren 113
— in Typenübersicht für Viren 59
—,Wirtsspezifität entomophager 133
Dipteren s. *Diptera*
discrimination der Parasiten für belegte und unbelegte Wirte 116
Dispersion von Beute- und Wirtsart 126
Dispersionsdynamik, Begriff 18
Disposition, Gegenteil von Toleranz, Begriff 38
— der Insekten für Krankheiten 43
— von Insekten für Pilzkrankheiten 93
— für Insektenkrankheiten, nicht beeinflußbar 54
— des Wirtes bei Insektenkrankheiten 37
Dithane-Empfindlichkeit von *Entomophthora* sp., 96
Diversinervus smithi, Gregärparasit 115
Dörrobstmotte, Kupferrote s. *Plodia interpunctella*
Dokumentationsdienst der C. I. L. B. 12
Dolichopodidae, Prädatoren als Imagines 144
Dolichos lablab, *Adisura atkinsoni* an, Bekämpfung 86
Doralis fabae syn. *Aphis fabae*
Dormitator latifrons gegen *Aedes fasciatus* 263
Dornwanze, Zweizähnige s. *Picromerus bidens*
Doryphorophaga doryphorae, Fressen am Wirt 148
Dosierung und Wahl der Pflanzenschutzmittel 208—214
Dreyfusia spp., Abschirmung von Prädatoren 242
— —,Räuber von 129
— *piceae* s. a. *Adelges piceae*
— —,Feinde von, gegenseitige Ergänzung 161
— —,Feindinsekten von 176
— —,Habitatspezialisierung der Prädatoren von 128
— —,*Pullus impexus* Räuber von 131
— —,Räuber von, dichteabhängig 144
— —,Verfrachtung der Räuber von 226
— —,Zucht im Freilandzwinger (Abb.) 184
Drino bohemica, zur Bekämpfung von *Diprion hercyniae* 141, 200
— —,Erfolge mit, in Kanada 179
— —,Parasit von Blattwespen 128
— —,— — — *Diprion hercyniae* 162, 179
— —,— — — *Neodiprion* spp. 141
— —,Umgewöhnungen 141
— —,relative Wirksamkeit 162
— —,Wirtswahl abhängig von Nährpflanze des Wirtes 128, 141
Drosophila, integrierte Viren 39
— spp., Zuchtsubstrat 218
— *melanogaster*, Ersatzwirt für *Loxotropa tritoma* 215
— —,*Spalangia drosophilae* Parasit von 116
Düngemittel, ungünstige Nebenwirkungen 205
Dysdercus sp., geeigneter *Trichogramma*-Wirt, Schema (Abb.) 138
— *fasciatus*, *Trichogramma*-Verhalten bei 130

Earias insulana, Arbeitsgruppe zur biologischen Bekämpfung von 12
Efeu, Anbau zur Förderung von *Aphytis lingnanensis* 204
Eiche, Mikroklima für insektenpathogene Pilzinfektionen in der 92
Eichenwickler, Grüner s. *Tortrix viridana*
Eidechsen, Feinde der *Coccinellidae* 131
Ei-Larven-Parasiten, häufige 114
— -Parasiten, Parasitentyp 114
— Resorption bei Schlupfwespen 152
Eier-Ablageplätze, Entzug, Grenzfall biologischer Bekämpfung 17
—,Bildung bei Parasiten und Ernährung 148
— Erzeugung und Ablage bei Schlupfwespen 151—153
—,Hartschaligkeit, Ursache für unvollständigen Parasitismus 137
—,Verteilung bei Parasiten 130, 131
— -Zahl bei Parasiten 139
— — je Weibchen und Fertilität einer Population 21
Eigenschaften wirksamer Entomophagen 156
Einfuhr von Nützlingen, erste Versuche 4
Einfuhrkontrolle von Nutzinsekten 190, (Abb.) 191, (Abb.) 192
Einfuhr-Kontrollstation in Kanada 192
Eingeführte Nutzarthropoden gegen heimische Schädlinge 181—182
einheimische Nutz- bzw. Schadorganismen, Begriffsbegrenzung 15
Einkapselungen von Parasiteneiern 142
Einrichtung eines Insektariums 190—192
Einsatz von Entomophagen 225—234
Einschleppung von Raubameisen, Wirkung auf Homopteren 121
— — Schädlingen und Bekämpfung 17
Einschlußkörper zur künstlichen Virusverbreitung 64, 65
— in Typenübersicht für Viren 59
— von Viren 57
— — —,Widerstandsfähigkeit 58, 65
Einsendungen kranker Insekten für Diagnose 41, 42
Einteilung der biologischen Bekämpfungsverfahren 15—17
Eiübertragung von Insektenkrankheiten 36
Eklipseversuche bei Insektenviren 60
Ektoparasiten, Konkurrenz mit Entoparasiten 117
— -Larven, Ernährung 145, 146
—,Parasiten-Typ 113
Elateriden, *Bufo marinus* gegen 264
Elektronenmikroskop zur Viren-Diagnose 63
Empfänglichkeit des Wirtes gegenüber Parasitierung 134
Empfangslaboratorium für Entomophagen 191
Empfindlichkeit insektenpathogener Pilze gegen Pflanzenschutzmittel 96
— des Wirtes, Pathogenität von Mikroorganismen 36
Empididae, Räuber als Imagines 144
Empoasca sp., Pflanzenschutzmittel-Wahl 211
Empusa aphidis, Konidienbildung und Feuchtigkeit 94
— *aulicae*, gegen *Euproctis chrysorrhoea*, künstliche Verbreitung 95
—,obligate Parasiten für Insekten 91
Encarsia flavoscutellum gegen *Oregma lanigera* 231
— *formosa*, Biologie 236
— —,Blausäure-Verträglichkeit 235
— — gegen *Trialeurodes vaporariorum* 235, 236
— —,indirekte Temperaturabhängigkeit 151
— —,Parasit von *Trialeurodes vaporariorum* 136, 151, (Abb.) 236
— —,Versand 236
— —,Verteilung der Wirte und Parasitierung 136
Enchytraeus spp. gegen *Heterodera schachtii* 259
Encyrtidae, Polyembryonie bei 115, 146
—,typische Parasiten 113
Encyrtus infelix, Larven-Entwicklung 145
endemische Nutz- bzw. Schadorganismen, Begriffsbegrenzung 15
Endothia parasitica, Befall von Kastanie 282
Endotoxin-Wirkung der *Bacillus thuringiensis*-Kristalle 84
Endrin, Vogelverluste 269
Enterobacteriaceae, apathogene für Insekten 79
entomophage Insekten, Begriff 112
— —,Katalog 11
Entomophagen s. a. Nutzarthropoden, Parasiten, Prädatoren
—,Annahme der Beute/Wirte 129—131
—,Ansiedlung von 194—201
—,Artwahl bei Umsiedlung 178—180
—,Ausbreitungsgleichgewicht bei 198
— durch Ameisen gefördert 120
— — — gestört 120
—,Erfolgskontrolle durch Beobachtungen an 238
—,Beobachten einzuführender 177—178
—,Beschaffung, Auswahl und Versand aus entfernten Gebieten 174—190
—,Beute-/Wirts-Eignung für 132—133
—,Bevorzugung der Wirte nach Fraßpflanzen 128
—,Bindung an Wohnbezirk 128
—,Determination einzuführender 178
—,Dichteabhängigkeit 137
—,Eigenschaften, verbesserungswürdige 223
—,Eigenschaften wirksamer 156
—,Einfluß von Klima und Witterung auf 148—151
—,— der Nahrung auf 142—148
—,— von Umweltfaktoren auf 133—150
—,— des Wirtes auf 134—142
—,Einsatz von 225—234
— -Empfang, Vorsichtsmaßnahmen bei 190—194
—,Erfolgskontrolle 239—243

—,Ernährung beim Versand 189
—,Ernährung bei Zucht 220
—,experimentelle Populationen 137
—,Finden des Beute-/Wirts-Habitats 127—129
—,Förderung durch Mikroklimaänderung 203
—,Förderung durch Schonung bei technischer Bekämpfung 204—214
—,Fruchtbarkeit 133, 151 bis 155
—,Futterpflanzen für 202 bis 203
—,Gefährdung durch Kontaktinsektizide 205
—,gegenseitige Beziehungen 116—124
—,— Ergänzung 161
—,— Förderung 121—122
—,— Störungen 119—121
—,gezüchtete, zur Anreicherung 231
—,Gradation 133
—,Herkünfte (Biotypen) von 180
—,Imagines, Umsetzen und Abfangen 220—222
—,Import mehrerer Arten 180—181
—,importierte, gegen eingeschleppte Schadarthropoden 173—201, 226, 227
—,insektizid-resistente Stämme 224
—,Kennenlernen und Auswählen geeigneter 176 bis 177
—,Kompensation von 161
—,Komplex, Wirksamkeit 160—161
—,Konkurrenz untereinander 116—119
—,Lockpflanzen für 203
—,Mißlingen von Ansiedlungsversuchen 198
—,monophage 126
—,mono-, oligo- und polyphage 115
—,Monophagie und Wirksamkeit der 159—160
—,Nutzung, unbeabsichtigte 183
—,Örtlichkeit zum Sammeln einzuführender 175—176
—,oligophage 126
—,periodische Freilassungen 229—234
—,Pflanzenwirkung auf 203 bis 204
—,pleophage 126
—,polyphage 115, 126
—,Polyphagie und Wirksamkeit der 159—160
—,Rassen, Selektion 222 bis 225
—,—,wirksame 227
—,Relativität der Wirksamkeit von 161—163
—,Sammlung einzuführender 177—178, 183—187
—,— nach Einbürgerungsversuch 197—201
—,— im Freiland 230—231
—,Spezialisierung und Wirksamkeit 159, 160
—,— angeborene 126
—,— erworbene 126
—,Spezifität 127, 133, 134
—,Spezifitätsänderung 127
—,Suchaktivität 125
—,— und Spezifität 124 bis 133
—,Stadium bei Freilassung 195—196
—,Tätigkeit, Erkennen 238 bis 239
—,Transportkoffer für (Abb.) 189
—,Veränderung der Verhaltensweise 162
—,Verfahren beim Empfang von 193—194
—,Verfrachtung von 225 bis 229
—,Verpackungs-, Versandmethoden 187—190
—,Verstecke für 203
—,Verwendung einheimischer 171—173, 201—237
—,— im Gewächshaus 235
—,— importierter 173—201, 201—237
—,Wirksamkeit der 156 bis 163
—,Wirkung der Bodenbearbeitung auf 204
—,Wirtsspektrum 127
—,Witterungseinflüsse, indirekte 150
—,Zeitpunkt für Freilassung 195
—,Zahl bei Ansiedlung 194 bis 195
—,Zucht 214—225
—,—,Ausleseverfahren 223 bis 224
—,— einzuführender 177 bis 178
—,— Geräte für 192—193
—,—,praktische 216—222
—,—,technische Einzelheiten 218—222
—,—,Zahlenbeispiele 222
—,Zuchtstamm-Erhaltung 224
—,Zwischenwirte für 204
Entomophthora spp., Empfindlichkeit für Pflanzenschutzmittel 96
— —,Massenkulturen 94
— —,obligate Parasiten für Insekten 91
— *anisopliae* s. *Metarrhizium anisopliae*
— *exitialis*, Empfindlichkeit gegen Pflanzenschutzmittel 96
— —,Massenkultur 94
— — gegen *Therioaphis maculata*, künstliche Verbreitung 95, 97, 100
— *sphaerosperma* gegen *Plutella maculipennis* 97
— — — *Plutella maculipennis*, Wettereinfluß 45
— — — *Psylla mali*, künstliche Verbreitung 95
Entomophthoraceae, Haltbarkeit der Konidien 94
—,Infektion, künstliche von Luzerneblattlaus 55
—,insektenpathogene 90
—,Konidienverbreitung 47, 91
—,Nährböden 94
— und Prädatoren gegen *Therioaphis maculata* 97
—,Verwendung gegen Insekten 98
Entoparasiten, Konkurrenz mit Ektoparasiten 117
—,Larven-Ernährung 144, 146
—,Parasiten-Typ 113, 114
—,später ektoparasitisch lebend 114
Entwicklung der biologischen Bekämpfung 295
environmental capacity 29
Enzootie, Begriff 42
Enzyme insektenpathogener Bakterien 80, 81
Ephestia sp., Wirt von *Trichogramma*, Schema (Abb.) 138
— *kuehniella*, *Aenoplex carpocapsae*-Entwicklung in 130
— —,Bekämpfung durch *Bacillus thuringiensis* 83, 86
— —,parasitiert von *Idechthis canescens* 151
— —,— — *Bracon hebetor* 232

Ephestia kuehniella, Cryptus sexannulatus-Entwicklung in 130
— — für Entomophagenzucht 218
— —,*Ephialtes caudatus*-Entwicklung in 130
— —,Ersatzwirt für *Idechthis canescens* 217
— —,— für *Trichogramma* 215
Ephialtes spec., Ektoparasiten 113
— *brevicornis*, parasitiert von *Gelis instabilis* 122
— *caudatus*, Entwicklung in *Ephestia kuehniella* 130
Epidemien, Begriff 42
Epilachna vigintioctopunctata, Pflanzenschutzmittel-Wahl gegen 211
— *varivestis, Paradexodes epilachnae* Parasit von 135
Epilampsis spp., Parasit von *Lithocolletis* sp. 128
— —,— — *Tischeria* sp. 128
— sp., Parasit von *Phyllotoma* sp. 128
— —,— — *Phytomyza* sp. 128
Epinotia lantana, praktische Verwendung gegen *Lantana camara* 284
Episiten s. a. Räuber, Begriff 112
Epistrophe spp., *Diplazon fissorius* Parasit von 136
— *balteata*, Abwehrreaktionen gegen *Diplazon fissorius* 142
— *bifasciata*, Abwehrreaktionen gegen *Diplazon fissorius* 142
— —,*Diplazon pectoratorius*-Entwicklung in 136
Epizootie, Wirkungsdauer einer 45
Epizootien, Ablauf und zyklische Wiederkehr (Abb.) 48—49
—,Begriffsabgrenzung 42
—,Einfluß auf andere natürliche Feinde 46
—,— des Wetters 44
—,Zusammenbruch von Gradationen verursachend 44
Epizootiologie, Begriffsabgrenzung 42
Eradikation, Begriff 2
Erbse, *Bruchus pisorum* an 231
—,Lockpflanzen für *Lathromeris senex* 203
—,*Pythium ultimum* an, Bekämpfung 111
Erbsenblattlaus s. *Macrosiphum pisi*
Erbstruktur einer Bevölkerung, Änderungen der 22
Erdbeeren, Erfolgskontrolle an 242
—,Gänse gegen Unkraut in 280
Erdbeerwickler, amerikanischer s. a. *Ancylis comptana fragariae* 221
Erdeulen s. *Phalaenidae (Noctuidae)*
Eretmocerus serius, ekto-, später entoparasitisch 114
— —,Parasit von *Aleurocanthus woglumi* 162
— —,Verwendung gegen *Aleurocanthus woglumi* 200
Erfolg biologischer Bekämpfung 296
Erfolgskontrolle bei Entomophagen-Verwendung 237 bis 243
Ergänzung der Entomophagen, gegenseitige 161
Erhaltung eines Zuchtstammes bei Entomophagen 224
— bestimmter Nutzarthropoden 201—214
Erinaceus s. Igel
Eriocampoides limacina syn. *Caliroa limacina*
Eriococcus orariensis gegen *Leptospermum scoparium* 282
Eriosoma lanigerum, Bekämpfung durch *Aphelinus mali* 199, 226
— —,fremder Schädling 15
— —,klimaabhängige Parasitierung 151
— —,parasitiert von *Aphelinus mali* 151, 162
— —,Verschleppung 226
— —,Pflanzenschutzmittel-Wahl gegen 211
— —,Zeitwahl für Insektizide gegen 212
Erithacus rubecula verbreitet Polyeder von *Neodiprion sertifer* 47
Ernährung von Entomophagen beim Versand 189
— — — bei Zucht 220
Ernährungseinfluß auf Parasitengröße 147
Ernährungsformen räuberischer Arthropoden 143 bis 145
Ernarmonia conicolana, Vogelfraß an 273
Ernestia consobrina, Futterpflanzen für 203
— —,Parasit von *Barathra* sp. 203
Erreger von Insektenkrankheiten, germinative Weitergabe 49
Ersatzwirte für Schlupfwespenzucht 130
—,Züchtung 215
Erysit, Verwendung im Insektarium 219
Erzwespe s. *Tetracampe diprioni* 135
Erzwespen (Zehrwespen) s. *Chalcididae*
escape phase, Begriff 30
Escherichia coli bei Insekten, peroral wirkungslos 37
establishment von Entomophagen 194
Etiella zinckenella, Pflanzenwirkung und Parasiten von 204
Euaresta aequalis, Reiz für Eiablage 289
Eubacteriales, apathogene Bakterien für Insekten 79
—,fakultativ pathogene für Insekten 79
—,insektenpathogene Bakterien der 79
—,praktische Nutzung 83 bis 87
Euchalcidia, Sexualindex und Außeneinflüsse 155
Eucharitidae, Wirtsfindung 127
Eucosma griseana syn. *Zeiraphera griseana*
Eucosmidae, selektive Pflanzenschutzmittel gegen 211
Eulecanium hesperidum syn. *Coccus hesperidum*
Eulen s. *Noctuidae (Phalaenidae)*
Eulenraupen, Heuschreckenstar gegen 266
Eupatorium adenophorum, Bekämpfung durch *Procecidochares utilis* 284, (Abb.) 287, 288, 298
Eupelmus urozonus, Parasit von *Dacus oleae* 204
— —,Überwinterung in *Myopites stylata* 204

Euphorus helopeltidis, mikroklimatische Förderung 203
— —,Parasit von *Helopeltis antonii* 203
Euplectrus bicolor, Ektoparasit 113
Euproctis chrysorrhoea, Bekämpfung durch *Beauveria bassiana* + DDT 95
— —,— in USA 5, 6
— —,Befall durch *Empusa aulicae*, künstliche Verbreitung 95
— —,Feinde von, Einfuhr in USA 6
— —,Mikrosporidien an, Gewebespezifität 74
— —,— —,Übertragung 76
— —,—,Konservierung in Diapause 75
— —,*Nosema lymantriae*-anfällig bei *Thelohania similis*-Befall 76
— —,Parasitenfolge bei 160
— —,Bekämpfung durch Plasmapolyedrose 69
— —,Bekämpfung durch *Thelohania hyphantriae* 77
— —,*Trichogramma*-Zucht an 232
European chafer s. *Amphimallon majalis*
European corn borer s. *Pyrausta nubilalis*
— earwig s. *Forficula auricularia*
— pine shoot moth s. *Rhyacionia buoliana*
— spruce sawfly s. *Diprion hercyniae*
— red mite s. *Metatetranychus ulmi*
— wheat stem sawfly s. *Cephus pygmaeus*
Eurygaster integriceps, Beschaffung 215
— —,Bekämpfung durch *Aspergillus repens* 100
— —,— — *Beauveria bassiana* 99
— —,— — *Beauveria bassiana* + DDT nicht bewährt 95
— —,— — *Microphanurus* spp. 222, 231
— —,Massenzucht 215
— —,*Microphanurus* spp.-Zucht an 217
— —,parasitiert von *Microphanurus semistriatus* 203
— —,Spezialinstitut in Iran 11
— —,Toleranz gegen *Beauveria bassiana*-Infektion verschieden 93
— —,Zeitwahl für Insektizide gegen 212
Eurytoma sp., Einfuhr 290
— —,an Samen von *Cordia macrostachya* 290
— — near *howardi*, Verwendung gegen *Cordia macrostachya* 284
Eurytomidae, entomophag und phytophag 113
Evertebraten, andere, Verwendung 258—262
Evetria buoliana syn. *Rhyacionia buoliana*
Exenterus spp., Verwendung gegen *Diprion hercyniae* 200
—,Sexualindex und Wirt 154
— *vellicatus*, Parasit von *Diprion hercyniae* 162
— —,relative Wirksamkeit 162
Exkremente von Insekten (Honigtau), Nahrung für Prädatoren 143
Exochomus flaviceps gegen *Pseudococcus citri* im Gewächshaus 237
— *nigromaculatus*, Nährmedium für 220
Exorista larvarum, Import nach USA 178
— —,Parasit von *Lymantria dispar* 178
— *mella*, Parasit von *Lymantria dispar* 178

Fagus silvatica s. Buche, Rotbuche
Falco peregrinus, Verwendung 280
— *tinnunculus* gegen Sperlinge 280
Falknerei 280
fall webworm s. *Hyphantria cunea*
Fangpflanzen, Grenzfall biol. Bekämpfung 17
Fasciolidae, Zwischenwirte 260
Fehlschläge biologischer Verfahren 296
Feigenkakteen s. *Opuntia*
Feindart(en), Entwicklungsbedingungen 30
—,spezialisierte, Wirtswahl 30
—,Zusammenwirken und Dichteabhängigkeit 30
Feinde, natürliche, als Begrenzungsfaktor 29
—,—,gegenseitige Beziehung 298
—,—,Konkurrenz untereinander 46
—,—,notwendige Eigenschaften 29
—,—,Stufen der Anpassung 30
—,—,Umweltabhängigkeit 30
—,—,unerwünschte Eigenschaften 29
—,—,wirksame 30
—,Reaktionen auf Dichteänderungen ihrer Wirte 29
—,— — Wirtstiere 30
—,Vermehrung, Beziehung zu Populationsdichte des Opfers 26
—,—,Sättigungseffekt 30
Feindpflanzen für Nematoden 260
Feldhase s. Hase
Feldmaus, Bakterienpräparate gegen 104
—,Schafe gegen 280
Ferbam-Empfindlichkeit von *Entomophthora* sp. 96
— schädlich für *Beauveria bassiana* 96
— unschädlich für Kapselviren 69
Fermente insektenpathogener Bakterien 80
Ferrisia spp., Bekämpfung durch *Cryptolaemus montrouzieri* 231
Fertilität, Ursache der Populationsdichteschwankungen 21
Feuchtigkeit für Entomophagenzucht 219—220
Ficedula hypoleuca, Verfrachtung 266
Fichte, *Cinaropsis pruinosa* an 229
—,*Pristiphora abietina* an 143
Fichtenblattwespe, Kleine s. *Pristiphora abietina*
—,Kleine Gestreifte s. *Pachynematus scutellatus*
Fichtenquirlschildlaus s. *Physokermes hemicryphus*
Finanzierung biologischer und chemischer Bekämpfung 300—301

Finden und Erkennen der Beute/Wirte 129
Fische, Insektizidempfindlichkeit 264
—,Verwendung 263—264
Fledermäuse, Ansiedlungsversuche 278, 279
— gegen Apfelwickler 278
— gegen Insekten 278, 279
Fliegenschnäpper, Siedlungsdichte 268
Florfliegen s. *Chrysopa* spp.
Fluktuation(en) 21
—,Einfluß natürlicher Feinde 29
— in der Populationsdynamik 19
Fluktuationstypen 20
Förderung bestimmter Nutzarthropoden 201—214
forest tent caterpillar s. *Malacosoma disstria*
Forficula auricularia, Beschaffung 215
— —,Überträger von Mikrosporidiosen 76
Formica s. a. Ameisen
—,Honigtau für 143
— *aquilonia* s. a. *F. rufa* 227
— *exsecta* s. a. *F. rufa* 227
— *lugubris* s. a. *F. rufa* 227
— *nigricans* s. a. *F. rufa* 227
— *polyctena* s. a. *F. rufa* 227
— —,Gründung von Kolonien 228
— *rufa*, Einfluß auf Lachniden 120
— —,Ernährung 143
— —,erworbene Spezialisierung von 126
— — gegen *Bupalus piniarius* 229
— — — *Cephalcia abietis* 229
— — — *Lymantria monacha* 229
— — — *Panolis flammea* 229
— — — *Thaumetopoea pityocampa* 228, 229
— —,Geschlechterverhältnis und Umweltfaktoren 154
— — — Gruppe, Erfolge nach Ansiedlung 228
— — —,Erfolgskontrolle 240
— — —,Systematik 227
— — —,Verfrachtung 227 bis 228
— —,Königinnenzucht 215
— — schützt *Pterocomma salicis* 120
— —,Schutzhaube für Nester (Abb.) 228
— —,Wiederansiedlung 17
— *truncorum* s. a. *F. rufa* 227
Formicidae s. a. Ameisen, Nahrungsquellen für 143
— wichtige Prädatoren 113
— Verwendung 4
Formwechsel der insektenpathogenen Bakterien 79, 80
Forschungsinstitutionen, in versch. Ländern 7—12
Forstinsekten, Forschungsstelle in Spanien 10
—,Spezialinstitut in Portugal 11
Forstschädlinge im Mittelmeergebiet, Arbeitsgruppe der C.I.L.B. 12
Fraßspuren von Entomophagen-Tätigkeit 238
Freibrüter, Siedlungsdichte 268
Freilassung von Entomophagen, Zeitpunkt 195
fremde Nutz- bzw. Schadorganismen, Begriffsbegrenzung 15
Freraea spp., Wirksamkeit 159
Fressen der Parasitenweibchen am Wirt 148, 158
Fridericea spp. gegen *Heterodera schachtii* 259
Fritfliege s. *Oscinella frit*
frit fly s. *Oscinella frit*
Frostspanner s. *Geometridae*
—,Arten, Höhlenbrüter gegen 273
—,Kleiner s. *Operophtera brumata*
—,Vögel gegen 272
Fruchtbarkeit der Entomophagen 133
—,tatsächliche, bei Massenzucht 216
—,Ursache der Populationsdichteschwankungen 21
Fruchtfliege(n), Orientalische s. *Dacus dorsalis*
—,Ansiedlungsversuche von Entomophagen gegen 197
—,Bekämpfung durch Sterilisierung 18
—,Giftköder für 213
—,Parasiten aus anderen Wirten gegen 182
—,Projekt, in USA 8
—,Zuchtsubstrat für 218
Fruchtwechsel, Grenzfall biol. Bekämpfung 17
functional response der Feinde auf Wirtsdichte 29
— — der Vögel 271
Fundal, selektive Wirkung 211
Fundulus spp. gegen Mückenlarven 263
Fungi imperfecti, insektenpathogene 90, 91
— —,Nährböden 94
— —,Sporenbildung und Umweltbedingungen 94
Fungivoridae, Bekämpfung im Gewächshaus 237
Fungizide, Empfindlichkeit insektenpathogener Pilze 96
—,spezifische Wirkung bei Bodendesinfektion 111
—,Spinnmilben-schonende 210
—,ungünstige Nebenwirkung 205
—,Verträglichkeit mit *Bacillus thuringiensis* 52
Funktionelle Reaktionen der Feinde 29, 30
Fusarium graminearum, Bekämpfung durch Bakterien 110, 111
Futterpflanzen für Entomophagen 202—203
Futterwechsel bei Insekten, krankheitsfördernd 43

Galerucella luteola, biologische und chemische Bekämpfung kombiniert 53
— —,Bekämpfung durch *Beauveria bassiana* + DDT 95
Galleria sp., unvollkommener Wirt f. *Trichogramma*, Schema (Abb.) 138
— *mellonella*, Kernpolyeder-Form bei 57
— —,parasitiert von *Neoaplectana* sp. 259
— —,Bekämpfung durch *Bacillus thuringiensis* 85
— —,Wirtseignung für *Trichogramma evanescens* 140
— —,Zuchtsubstrat für 218
Gallwespen, typische Parasiten 113
Gambir, *Oreta carnea* an, Biozönoseeinfluß 202
— plantagen 202

Gambusia gegen Mückenlarven 263
— *affinis affinis* gegen Mückenlarven 263
— — *holbrooki* gegen Mückenlarven 263
— *holbrooki* gegen *Aedes fasciatus* 263
— *patruelis* gegen Mückenlarven 263
Gans gegen Unkraut in Erdbeeren 280
Gastropoda s. Schnecken
Geflügelcholera s. *Pasteurella multocida*
Gelbfiebermücke, Bekämpfung durch Fische 263
Gelbspritzmittel, selektive Wirkung 211
Gelbsterndistel, Schaden 282
Gelis instabilis, Parasit von *Ephialtes brevicornis* 122
Generationstrennung beim Wirt 136
Geometridae, Bekämpfung durch *Spicaria farinosa* 100
—,Punktbehandlung gegen 212
germinative Weitergabe von Insektenkrankheiten 36, 49
Gesamtwirkung von Pflanzenschutzmitteln auf Biozönose 207
Geschichte s. a. unter biol. Bekämpfung
— der Verwendung von Metazoen 4—6
— — — — Mikroorganismen 6—7
Geschlechter, Unterschiede in Beziehung zum Wirt 124
Geschlechterverhältnis von Parasiten 139, 140
— polyembryonaler Schlupfwespen (Tab.) 146
— bei Schlupfwespen 153 bis 155
gesetzliche Maßnahmen des Pflanzenschutzes, Ordnungsbegriff 3
Gespinstmotten s. *Hyponomeuta*
Getreidelaubkäfer, Südlicher s. *Anisoplia austriaca*
Getreidewanze, Asiatische s. *Eurygaster integriceps*
Gewächshaus, biologische Bekämpfung im 234—237
Gewebespezifität insektenpathogener Mikrosporidien 73, 74
— von Virosen 63
giant African snail s. *Achatina fulica*
Gibberella saubinetii syn. *Fusarium graminearum*
Gifte und Lockstoffe, kombinierte Verwendung 213
Gilpinia hercyniae s. *Diprion hercyniae*
— *polytoma* s. *Diprion polytomum*
Gleichgewicht, natürliche dichteabhängige u. -unabhängige Faktoren auf das 24
—,natürliches von Populationen 23—31
— im Ökosystem 27
Gleichgewichtszustand zwischen Pathogen und Wirt 49
Gliederfüßler s. Arthropoden
Glossina sp. s. Tsetse-Fliege
Glugea, Erreger von Insektenkrankheiten 72
— *pyraustae*, Gewebespezifität bei Wirtswechsel 73
— —,Verwendung gegen *Pyrausta nubilalis* 77
Glyodin, schädlich für Kapselviren 69
—,selektive Wirkung 210
Glypta murinanae, Solitärparasit 115
Glyptostrobus pensilis, für Verpackungsmaterial 187
Gnorimoschema operculella, *Chrysopa plorabunda*-Zucht an 217
— —,Bekämpfung durch *Bacillus thuringiensis* 85
— —,*Dibrachys cavus*-Zucht an 217
— —,für Entomophagenzucht 218
— —,Ersatzwirt für *Chelonus* spp. 215
— —,Ersatzwirt für *Horogenes molestae* 224
— —,Ersatzwirt für *Macrocentrus ancylivorus* 128, 215, 217, 221
— —,Massenzucht 221
— —,Massenzucht von *Copidosoma koehleri* an 222
— —,Mikrosporidien - Infektion, parenterale 76
— —,Zuchtsubstrat für 218
Goldafter s. *Euproctis chrysorrhoea*
Gomphocerus sibiricus, synökologisches Optimum 151
Gonaxis kibweziensis gegen *Achatina fulica* 260
Gonipterus scutellatus, Bekämpfung durch *Anaphoidea nitens* 200, 299
gorse s. *Ulex europaeus*
Gossypium s. Baumwolle
Gradation 19, 21
— der Entomophagen 133
—,funktionelle Definition 28
— und Insektenkrankheiten 42—49
— nach Pflanzenschutzbehandlung 205
— von Schadinsekten im Randgebiet 151
—,seltene 27
Gradations-gebiet, Begriff 20
— typen 20
— wahrscheinlichkeit, abhängig von Artenzahl 31
Gradozön, Faktorenkomplex bei Gradationen 21
Gramineen-Minierer, Verzeichnis der Feinde von 176
Granula, in Typenübersicht für Viren 59
—,Einschlußkörper von Viren 57, 64
Granulose an *Choristoneura fumiferana* mit anderen Virosen 63
—,Verwendung gegen *Argyrotaenia velutinana* 68
—,— — *Pieris brassicae* 68
—,— — *Pieris rapae* 68
—,— — *Pseudalethia unipuncta* 68
—,— — *Zeiraphera griseana* 68
Granulosen der Lepidopteren, praktische Nutzung 68—69
Granuloseviren, Polyedrose verursachend 39
Granulosevirus, aktiviert durch Wirtswechsel 43
—,Toleranz von *Pieris brassicae* 43
— an *Zeiraphera griseana* 43
— von *Choristoneura murinana* (Abb.) 60
grape mealybug s. *Pseudococcus maritimus*
Grapholitha molesta, Bekämpfung durch *Agathis diversus* 233

Grapholitha molesta, Bekämpfung durch *Marcrocentrus ancylivorus* 221
— —,Bekämpfung gescheitert 135
— —,Bekämpfung in USA 6
— —,Biotyp von *Macrocentrus ancylivorus* an 225
— —,Hyperparasitierung von 123
— —,*Macrocentrus ancylivorus*-Entwicklung in 147
— —,parasitiert von *Horogenes molestae* 224
— —,parasitiert von *Macrocentrus ancylivorus* 129, 155, 205, 212, 227
Graseule s. *Charaeas graminis*
Great Basin tent caterpillar s. *Malacosoma fragile*
greater wax moth s. *Galleria mellonella*
Gregärparasiten, Inzucht 220
—,Mehrfachbelegung durch 116, 131
—,Wirksamkeit 157—158
Gregärparasitismus 115
— durch *Apanteles glomeratus* (Abb.) 114
Greifvögel, Wirkung gegen Kleinnager 271
Grenzfälle der biologischen Bekämpfung 17—18
Großflächenbehandlung, Nachteil der 213
Gründüngung gegen Nematoden 259, 260
Grünling, Einfuhr 266
Grundlagen der biologischen Bekämpfung 15—35
Gurkensamenwelke, Bekämpfung 110

Habichte, Verwendung 280
Habrobracon brevicornis syn. *Bracon hebetor*
— *hebetor* syn. *Bracon hebetor*
— *juglandis* syn. *Bracon hebetor*
Habrolepis rouxi, Sexualindex und Ernährung 155
— —,Parasit in *Aonidiella aurantii* 139
Hämolymphe, Bakterizide in der 37
Haferflocken, Substrat für *Galleria mellonella* 218
Haftmittel für Bakterien 85
— für Viren zum praktischen Einsatz 65
Halictoxenos, Trophamnion bei 146
Hallimasch s. *Armillaria mellea*
Halogeton glomeratus, Bekämpfung 288
Haltbarkeit der Virus-Einschlußkörper 65
— der Mikrosporidien-Sporen 75
— pilzlicher Krankheitserreger 94
Haplosporidien, insektenpathogene Protozoen 72
Harrisina brillians, Bekämpfung durch *Bacillus thuringiensis* 85
— —,Virus an, Typenübersicht 59
Hase, Myxomatose an 106
Haushühner gegen *Blithophaga undata* 280
— gegen *Cleonus punctiventris* 280
— — Kartoffelkäfer 280
Hausmaus, Bekämpfung durch Bakterien 104
Haussperling, Einfuhr 266
Haustiere, Verwendung 279—281
Hedera s. Efeu
Hefe, Insektenbekämpfung durch 6
Heliothis, Versand 188
— *virescens* an Mais 203
— —,mikroklimatische Förderung 203
— —,*Paratriphleps laeviusculus* Räuber von 203
— —,Pflanzenschutzmittel-Wahl 211
Hellula undalis, Bekämpfung durch *Bacillus thuringiensis* 85
Helopeltis antonii, parasitiert von *Euphorus helopeltidis* 203
Hemerocampa leucostigma, Virus-Provokation in Gewebekultur 39
Hemigrammus unilineatus gegen *Aedes fasciatus* 263
Hemipenthes morio, Hyperparasit aus *Lymantria monacha* 123
Hemipteren gegen Opuntien 285
—,Prädatoren von *Parlatoria blanchardi* 226
—,wichtige Prädatoren 113
Herdbildung durch Entomophagen 229
Herkünfte (Biotypen) von Entomophagen 180
Herkunft und Art der Wirte/Beutetiere für Entomophagen-Zucht 215
Herpes-Virus, latente Infektion 39
Herstellung biologischer Bekämpfungsmittel, Einfachheit bei der 53
Hessenfliege s. *Phytophaga destructor* 151
Heterandria spp. gegen Mückenlarven 263
Heteroarthrus nemoratus, Verschickung der Feinde von 190
Heterodera marioni syn. *Meloidogyne marioni*
— *rostochiensis*, Pilzinfektionen von 260
— *schachtii*, Bekämpfung durch *Enchytraeidae* 259
heteroxene Entomophagen, Wirksamkeit 159
Heuschrecken s. a. *Melanoplus* sp.
—,Heuschreckenstar gegen 266
—,synökologisches Optimum 151
— star, Einfuhr 266
HCH-Verträglichkeit von insektenpathogenen Pilzen 95
Hibiscus sp., ungeeigneter Wirt für *Trichogramma* (Abb.) 138
Hierarchie der Begrenzungsfaktoren 29
Himbeere, *Aulacaspis rosae* an 139
Hippodamia convergens, Nährmedium für 220
— —,Sammlung und Anreicherung 230
Hirsutella besseyi gegen *Citrus*-Schildläuse, Fungizid-Schädigung 96
histopathologische Untersuchungen kranker Insekten 42
Höhlenbrüter, Siedlungsdichte 268
Holozön syn. Ökosystem 27
Holunder, *Aphis sambuci* an 144
Holunderblattlaus s. *Aphis sambuci*

Homoptera (= Homopteren) Bekämpfung durch *Cephalosporium* sp. 100
— durch *Iridomyrmex humilis* gefördert 120
— gegen Opuntien 285
—,Pflanzenschutzmittel-Wahl gegen 211
—,Übervermehrung durch Ameisen 120
honey bee s. *Apis mellifera*
Honigbiene, *Bacillus thuringiensis* wirkungslos gegen 46
—,Befall durch Mikroorganismen 6
—,Trachtförderung durch Ameisen 229
Honigtau und Ameisen 242
—,Nahrung für räuberische Arthropoden 143
—,— — Schlupfwespen 147
— -Produktion, Einflüsse auf 119, 120
Hopkins'sches Prinzip 140
Horogenes molestae, Auslesezucht 224
— —,Parasit von *Grapholitha molesta* 224
host acceptance 127, 129—131
— exposure method 177, 198, 243
— feeding bei Parasiten 148, 158
— finding 127, 129
— habitat finding 127—129
— -parasite relation 134—139
— specificity von Entomophagen 126
— suitability 132—133
house fly s. *Musca domestica*
Hülsenfrüchte, *Etiella zinckenella* an 204
Huhn, Verwendung 280
humanpathogene Nebenwirkung insektenpathogener Pilze 96
Humanpathogenität von Bakterien bei Nagetierbekämpfung 104
humorale Immunität bei Lepidopteren 38
Hunger-Test für Phytophagen 290
Hygiene, Begriffserläuterung 2
Hylurgops palliatus, Zwischenwirt für Parasiten 212
Hymenoptera (= Hymenopteren), *Bacillus thuringiensis* wirkungslos gegen 46, 84
—,Bekämpfung durch Kernpolyedrosen 67—78
—,Einschlußkörper-Suspensionen bei Bekämpfung 65
—,Feuchtigkeit bei Zucht 220
—,Fressen am Wirt 148
— gegen *Lymantria dispar* 200
—,Grundlagenforschung in Indien 11
—,insektenpathogene Viren an 57
— -Katalog von Nordamerika 176
—,Kopulation in Massenzucht 220
—,Prädatoren 113
—,Regulierung des Geschlechterverhältnisses 153, 155
—,in Typenübersicht für Viren 59
—,typische Parasiten 113
—,Unterscheidung der Larven 177
—,unwirksame Insektizide für 210
—,Vergiftungen von 209
—,Versand 190
Hypera postica, Bekämpfung durch *Bromus octosignatus* 230
— —,— — *Semiadalia undecimnotata* 230
— *variabilis*, *Dibrachoides dynastes*, Parasit von 135
— —,*Spintherus* sp. Räuber von 135
Hyperaspis signata gegen *Toumeyella numismaticum* 226
— —,Verfrachtung 226
Hyperecteina aldrichi, Aussetzen der Eier 195
— —,Parasit von *Popillia japonica* 195
Hypericum perforatum s. a. Johannis-Kreuzkraut
— —,*Agrilus hyperici* gegen 284, 286
— —,Bekämpfung 282
— —,— durch *Chrysolina hyperici* 284
— —,— — — *quadrigemina* 284, 286, (Abb.) 292
— —,— — *Zeuxidiplosis giardi* 284, 290
— —,Erfolgskontrolle nach Bekämpfung 291
Hyperparasiten, Einfluß auf Sekundärwirte 123
—,fakultative 122
—,obligate 122
Hyperparasitismus 122—124
Hyphantria cunea, Arbeitsgruppe (C. I. L. B.) für biol. Bekämpfung 12
— —,Bekämpfung durch *Bacillus thuringiensis* 85, 86
— —,— — *Beauveria bassiana* + DDT 95
— —,— — Kapselviren 68
— —,— — Kernpolyedrose 65
— —,— — Mikrosporidienarten 77
— —,— — *Thelohania hyphantriae* 77
— —,biol. Bekämpfung, Spezialinstitut in Jugoslawien 10
— —,Mikrosporidiosen an, Gewebespezifität 74
— —,— —,unterdrückende Faktoren 47
— —,Mikrosporidien-Befall, Symptome 75
— —,neue Feinde von 127
— —,*Nosema*-Verwendung gefährlich für Seidenraupenzuchten 77
— —,*Nosema minor* an 77
— —,— *muscularis* an 77
— —,*Plistophora schubergi* an 77
— —,Spezialarbeiten in Ungarn 11
— —,Vögel gegen 273
Hyphomyceten gegen phytopathogene Pilze 110, 111
Hyposoter exiguae, Abwehrreaktionen von *Laphygma exigua* gegen 142

Icerya purchasi, Bekämpfung durch *Rodolia cardinalis* 4, 5, 199
— —,Bekämpfung durch *Cephalosporium lecanii* 100
— —,Einfuhr von Entomophagen gegen 174
— —,Konkurrenz der Parasiten und Räuber von 181

Icerya purchasi, parasitiert von *Cryptochaetum iceryae* 145, 181, 206
— —,wichtige Räuber von 120
— —,*Rodolia cardinalis* Räuber von 131 (Abb.) 132, 149, 157, 162, 181
Ichneumonidae s. a. Schlupfwespen
—,Abhängigkeit von Feuchtigkeit 150
—,Größe 139
—,Inzucht 220
—,Larven-Puppen-Parasiten bei 114
—,Massenzucht 216
—,typische Parasiten, auch Ektoparasiten 113
Ichneumonoidea, Ei-Larven-Parasiten bei 114
—,Individuenzahl bei Ansiedlung 194
—,Mehrfachbegattung 155
—,typische Parasiten 113
Idechthis canescens, indirekte Temperaturabhängigkeit 151
— —,Parasit von *Ephestia kuehniella* 151
— —,Wirtswahl 140
— —,Zucht an *Ephestia kuehniella* 217
Igel gegen Insekten 278
Imaginalparasiten, Parasitentyp 114
Imagines, Entomophagen, Versand der 189
Immunität, erworbene, Begriff 38
— —,bei Insekten gegen Krankheitserreger 37
— humorale 38, 142
— von Insekten gegen Krankheitserreger 37—38
— gegen insektenpathogene Pilze 93
— des Wirtes gegen Parasiten 141
—,zelluläre durch Phagozytose 37, 38
Import mehrerer Entomophagen-Arten 180—181
— von Entomophagen, Kosten der 186
importierte Entomophagen, Verwendung 173—201
Infektion, Gewebs-, durch Mikroorganismen 36
—,inapparente, durch Mikroorganismen an Insekten 35
—,intestinale, durch Mikroorganismen 36
—,latente bei Insekten 38—39
—,—,durch Mikroorganismen an Insekten 35, 37
—,— und Wettereinfluß 44
—,lokale, durch Mikroorganismen 37
—,parenterale, durch insektenpathogene Pilze 91
—,—,durch Mikroorganismen 36
—,perkutane, durch insektenpathogene Pilze 91
—,perorale, durch insektenpathogene Pilze 91
—,— durch Viren 62
—,perstigmale, durch insektenpathogene Pilze 91
—,Septikämie durch Mikroorganismen 36
—,systemische, durch Mikroorganismen 36
Infektions-Bedingungen für insektenpathogene Pilze 92, 93
— krankheit, Begriff bei Mikroorganismen an Insekten 35
— typen bei Insektenkrankheiten 36
Infektionsverlauf, abhängig vom Erreger 36
—,abhängig vom Wirtsinsekt 37
— von Insektenkrankheiten 36—37
Infektionsweg insektenpathogener Bakterien 80
— von Mikroorganismen, bei Insekten 35—36
— von Mikrosporidien 76
Injektion, intracoelomare, zur Vermehrung insektenpathogener Bakterien 82
Inkrustierung von Saatgut 212
Inkubationszeit bei Insektenkrankheiten 36, 39
innerartliche Konkurrenz als Begrenzungsfaktor 27
inoculum 216
insecticidal check method (bei Erfolgskontrolle) 241
— trap method (bei Erfolgskontrolle) 242
Insektarium, Bekämpfung von Krankheiten und Schadarthropoden im 219
—,chemische Verfahren im 219
—,Einrichtung 190—192
Insekten, Algen gegen 261
—,Bakteriosen, latente 39
—,Bekämpfung durch Mikroorganismen 35—104
—,— — Nematoden 258
—,Darminhalt, antibiotische Wirkung 37
—,entomophage, Begriff 112
— kadaver, bleiben an Erntegut 54
— an Nadelholz, Ursachen der Massenvermehrung 31
—,postmortale Veränderungen 41
—,soziale, positiver crowding Effekt 28, 29
—,Verwendung von Arthropoden gegen 112—257
Insektenkrankheiten,
—,Diagnose 41—42
—,Einsendungen 41, 42
—,germinative Übertragung 36
—,Infektionsverlauf 36—37
—,Interferenzen zwischen 37
—,Verträglichkeit mit Chemikalien 52
Insektenpathologie, allgemeine 35—41
Insektenseuchen, Lehre von 42
—,Spezifität der Erreger 52
Insektenviren s. a. Viren, insektenpathogene 64
Insektenvirosen, Latenz von 39
—,Spezialinstitut in England 11
Insektizide, Empfindlichkeit insektenpathogener Pilze 96
—,kombiniert mit biologischer Bekämpfung 53
—,kombinierte Verwendung mit Pilzsporen 95
—,Mischung mit Mikrosporidien-Sporen 76
—,Nebenwirkung auf Parasiten 205
—,resistente Entomophagenstämme 224
—,Vogelverluste 269
Insektizid-Resistenz, Vergleich zu Krankheitserreger-Resistenz 53
Institute, in versch. Ländern 7—12
integrated control 202

Integration biologischer und chemischer Verfahren 204—214
— der Pflanzenschutz-Verfahren 202
Interferenzen zwischen Insektenkrankheiten 37
Internationale Kommission für Biologische Bekämpfung von Pflanzenschädlingen 11
— Organisationen für biologische Bekämpfung 11—12
Internationaler Bestimmungsdienst der C.I.L.B. 12, 178
intraspezifische Förderung, Ursache von Populationsdichteschwankungen 22
inundative release von Entomophagen 229
Inusa viscosa, Myopites stylata an 204
inverse density dependent = umgekehrt dichteabhängig, bei Wirksamkeit von Faktoren auf Populationen 24
Inzucht bei Entomophagen 220
Iridomyrmex humilis abhängig von *Saissetia oleae*-Bestand 121
— —,Abwehr von 214
— —,biologische Abschirmung mit 242
— — fördert Homopteren 120
Isolierung insektenpathogener Pilze 93—94
— von Krankheitserregern 42
Isopropyl-2-chloräthylsulfit s. Aramite
Itonididae als Feinde, Verzeichnis 176
—,unwirksame Insektizide für 210
—,Polyembryonie der Schlupfwespen bei 146
—,wichtige Prädatoren 113
Itoplectis maculator, fakultativer Hyperparasit 122

Jakobskraut s. *Senecio jacobaea*
Japan, Institute für Insektenpathologie 11
Japanese beetle s. *Popillia japonica*
Japankäfer s. a. *Popillia japonica*, Engerlings-Infektion durch *Bacillus popilliae* 37
—,milky disease-Ausbreitung 43
Johanniskreuzkraut, Bekämpfung 283
— s. a. *Hypericum perforatum*
Juglans regia s. Walnuß
Junikäfer s. *Amphimallon solstitialis* 39
Juniperus bermudiana s. Bermuda-Zeder

Kadaverbesucher als Verbreiter von Krankheitserregern 47
Käfer s. *Coleoptera*
Käfig für Zucht entomophager Insekten (Abb.) 192
Kaffeebaum, *Ceratitis capitata* an 182
Kalk, schädlich für insektenpathogene Pilze 96
Kaninchen, Bekämpfung durch Myxomatose 105—108
—,— — —,Organisation in Australien 9
—,— durch *Pasteurella multocida* 7
—,resistente Stämme gegen Myxomatose 107
Kaninchenfloh, Myxomatose-Überträger 107
kannibalische Raupen, Versand 188
Kannibalismus unter räuberischen Arthropoden 118
Kaolinit, Trägerstoff für Bakterien-Präparate 84
Kapseln, in Typenübersicht für Viren 59
—,Virusdiagnose im Mikroskop 64
Kapselviren, Bau und Vermehrung 57, 58
—,Lichtbrechung 58
—,Verwendung gegen *Hyphantria cunea* 68
—,— gegen *Zeiraphera griseana* 68
—,Provokation durch Chemikalien 39
Kaptan, selektive Wirkung 210
—,Spinnmilben-schonend 210
Karpfen, Bauchwassersucht des, Bekämpfung 111
Kartierung für Prädatoren-Tätigkeit 238
Kartoffel, *Leptinotarsa decemlineata* an, Bekämpfung 99
—,selektive Spritzmittel für 211
—,Zuchtsubstrat für *Ceroplastes rubens* 218
—,— — Diaspidinen 218
—,— — Erdeulen 218
—,— — *Gnorimoschema operculella* 218
—,— — *Pseudococcus* spp. 218
—,— — *Saissetia oleae* 218
—,— — Wirtszuchten 218
Kartoffelkäfer s. a. *Leptinotarsa decemlineata*
—,Arbeitsgruppe für die biol. Bekämpfung (C. I. L. B.) 12
—,*Doryphorophaga doryphorae* saugt an 148
—,Spezialinstitut in Polen 11
—,— — Ungarn 11
Kartoffelmotte s. *Gnorimoschema operculella*
Kartoffelschorf, Bekämpfung 110
Kastanien, *Endothia parasitica* an 282
Katalog, Parasiten-Prädatoren- 133
Katze, Verwendung 4, 280
Kennenlernen und Auswählen geeigneter Entomophagen 176—177
Kernpolyeder s. a. Polyeder
— von *Argyrostagma niobe* (Abb.) 61
—,Bau und Vermehrung 58
— von *Bombyx mori* (Abb.) 58, 63
—,Entstehung 61
—,Färbemethoden 64
— gegen *Colias philodice eurytheme*, Bekämpfungserfolg (Abb.) 66
—,Verwendung gegen *Diprion hercyniae* 68
—,— — *Kotochalia junodi* 67
—,— — *Neodiprion sertifer* 67
—,— — *Prodenia litura* 66
—,— — *Thaumetopoea pityocampa* 66, 69
— -Viren, Einschlußkörper der 57
— —,Form der 57
— —,Mutationen von 48
— — des Seidenspinners, Resistenz des Maikäfers 37
—,Virusstäbchen von *Bombyx mori* (Abb.) 62
—,— — *Neodiprion* (Abb.) 62

Kernpolyedrose an *Choristoneura fumiferana* mit anderen Virosen 63
— von *Colias philodice eurytheme* 46
— — — — —,Infektionsmethode 53
— — — — —,unspezifisch 62, 63
— der Hymenopteren, praktische Nutzung 67—68
— von *Hyphantria cunea* 65
— der Lepidopteren, Organerkrankungen der Raupen 37
— — —,praktische Nutzung 65—67
— an *Neodiprion sertifer* durch Plasmapolyeder provoziert 39
—,Verwendung gegen *Malacosoma fragile* 66
—,— — *Trichoplusia ni* 66
— von *Pieris rapae*, unspezifische 63
— zusammen mit Plasmapolyedrose 63
Kiefer, *Aradus cinnamomeus* an, Bekämpfung 99
—,*Bupalus piniarius* an, Bekämpfung 100
—,Geruchsanlockung für *Pimpla ruficollis* 128
—,Kieferntriebwickler an 128
—,Mikroklima für insektenpathogene Pilzinfektionen in der 92
Kiefernbuschhornblattwespe, Rotgelbe s. *Neodiprion sertifer*
Kieferninsekten, Vögel gegen 272
Kiefernrindenwanze s. *Aradus cinnamomeus*
Kiefernspanner, Gemeiner s. a. *Bupalus piniarius* 44, 100
Kiefernspinner s. a. *Dendrolimus pini* 93
Kieferntriebwickler s. a. *Rhyacionia buoliana*
—,parasitiert von *Pimpla ruficollis* 128
Kiefernzapfenwickler s. *Ernarmonia conicolana* 273
Kirschblattwespe, Schwarze s. *Caliroa limacina*
Kirschenspanner s. *Biston hirtarius*
Klamath weed s. *Hypericum perforatum*
Kleidermotte s. *Tineola bisselliella*
Kleie, Kulturmedium für Bakterien 81
Klima, Bedeutung für Massenwechselzonen 20
Klima und Witterung, Einfluß auf Entomophagen 148—151
Kluyver-Kolben für Bakterienkultur 81
Köderverfahren, Grenzfall biol. Bekämpfung 17
Kohl, *Barathra brassicae* an 233
—,*Hellula undalis* an, Bekämpfung 85
—,*Pieris brassicae* an, Bekämpfung 85
—,*Pieris rapae* an, Bekämpfung 85
—,*Plutella maculipennis* an, Bekämpfung 85
—,selektive Spritzmittel für 211
—,*Trichoplusia ni* an, Bekämpfung 85
Kohleulen s. *Barathra* sp.
Kohlmeise s. *Parus major*
Kohlschabe s. *Plutella maculipennis*
Kohlweißling, Großer s. *Pieris brassicae* 65
Kohlweißling, Kleiner s. *Pieris rapae* 4
Koinzidenz, räumlich und zeitlich bei Beute-/Wirtsfindung von Entomophagen 126, 135, 195
—,zeitliche 232
—,— bei Pflanze und Schädling, Zerstörung der 213
Kokospalme, *Aspidiotus destructor* an 230
—,*Melittoma insulare* an 298
—,*Promecotheca reichei* an 179
—,*Pseudotheraptus wayi* an 203, 210
Kokospalmenschildlaus s. *Aspidiotus destructor*
Kombination biologischer und chemischer Bekämpfung 53
— — und technischer Verfahren 204—214
—,Insektizide und Pilzsporen 95
— mehrerer natürlicher Feinde 181
Kommensalismus, Begriff 112
Kompensation biotischer Mortalitätsfaktoren 160
Konkurrenten, Begriffsbegrenzung 22
Konkurrenz zwischen Ameisen und Entomophagen 121
— unter Entomophagen 116—119, 180
— — Feinden 46, 181
—,intraspezifische, Faktor bei Epizootien 49
—,bei Populationsdichteschwankungen 22, 28, 30
—,— Superparasitismus 118
—,interspezifische, Multiparasitismus 118
—,— bei Räubern 118, 119
— kurve, Beziehung zw. Parasitierungsprozentsatz und Parasitendichte 25
Konstitution, Faktor der Populationsdynamik 22
Konzentration, wirksame, von Erregersuspensionen 53, 54
Kopulation in Massenzuchten 220
Kornkäfer s. *Sitophilus granarius*
Kosten der Entomophagen-Importe 186
— der Produktion von Krankheitserregern 54
koster's curse s. *Clidemia hirta* 284
Kotochalia junodi an *Acacia mollisima*, Bekämpfung durch Kernpolyedrose 67
Krankheiten beim Massenwechsel von Insekten 42—49
Krankheitserreger, Begrenzungsfaktoren, unvollkommen dichteabhängige u. Epizootien 42, 43
—,Definition 112
—,Erhaltung virulenten Zustandes 54
— zur Insektenbekämpfung, erste Versuche 6
—,künstliche Wirkungssteigerung 55
—,Massenproduktion, industrielle 55
—,Qualitätsprüfung 52
—,Suspensionen, wirksame Konzentrationen 53, 54
—,Verbreitung durch verschiedene Tiere 47
Kresse, *Pythium debaryanum* an, Bekämpfung 110
—,*Rhizoctonia solani* an, Bekämpfung 110
Kreuzinfektionen mit insektenpathogenen Viren 62, 63

Kreuzungen von Entomophagen-Herkünften und -Rassen 223
Kristalle in *Bacillus thuringiensis* 84
kritisches Stadium bei Populationsdichteschwankungen 21
Kröten gegen Schädlinge 264
Kryolith, selektive Wirkung 211
Kuckuck gegen Nonnenraupen 267
künstliches Medium für Entomophagen-Ernährung 220
Kürbis, selektive Spritzmittel für 211
— Zuchtsubstrat für Diaspidinen 218
Kultur insektenpathogener Bakterien 81
— — Pilze 93—94
— von Krankheitserregern bei Insekten 42
kulturelle Maßnahmen des Pflanzenschutzes, Ordnungsbegriff 3
Kulturlandschaften, nachhaltige Regulationsfähigkeit 301
Kulturmaßnahmen fördern Mykosen 97
—,Grenzfall biol. Bekämpfung 17
Kupfer, Spinnmilben-Feinde schonend 210

Lablab s. *Dolichos lablab*
Laboratorien für Einfuhrkontrolle (Abb.) 191
— in versch. Ländern 7—12
Laboratorium, fahrbares 186
Laboulbeniales, insektenpathogene 90
Lachnidae s. a. Lachniden
Lachniden (= *Lachnidae*), Einfluß von *Formica rufa* auf 120, 229
Lachnus bogdanowi syn. *Cinaropsis pruinosa*
— *exsiccator* syn. *Schizodryobius pallipes*
— *pruinosus* syn. *Cinaropsis pruinosa*
Lactobacteriaceae, apathogene für Insekten 79
Lactuca s. Salat
Lady beetles s. *Coccinellidae*
Laemophloeus pusillus, biologische Bekämpfung von 219
Lamellicornier, *Bufo marinus* gegen 264
Lamprophorus tenebrosus gegen *Achatina fulica* 260
Langbeinfliegen s. *Dolichopodidae*
Lantana camara 266, 283
— —,Bekämpfung durch *Epinotia lantana* 284
— —,— — *Teleonemia scrupulosa* 284
Laphygma exempta, Pflanzenschutzmittel-Wahl gegen 211
— *exigua*, Abwehrreaktion gegen *Hyposoter exiguae* 142
lapin s. Kaninchen
larch casebearer s. *Coleophora laricella*
Lärchen, *Coleophora laricella* an 213
Lärchenblattwespe, Große s. *Pristiphora erichsonii*
Lärchenwickler, Grauer s. *Zeiraphera griseana*
Laricobius erichsonii nur an Chermesiden 118
— —,Sammelkosten für 187
Larix s. Lärche
Larvaevoridae syn. *Tachinidae*
Larvenparasiten, Parasitentyp 114
— bei Schlupfwespen 114
Lasius niger, *Anthribus* und Coccinelliden geschützt vor 119
— — schützt *Aphis fabae* 120
Laspeyresia molesta syn. *Grapholitha molesta*
Latenz von Infektionen bei Insekten 38
—,Begriff der Populationsdynamik 20
— -Gebiet, Begriff 20
Lathromeris senex, Lockpflanze für 203
— —,Parasit von *Bruchus pisorum* 203, 231
— —,Sammlung 231
Laufkäfer s. *Carabidae*
Lavandula s. Lavendel
—,*Chloridea peltigera* an, Bekämpfung 85
leaf crumbler s. *Acrobasis indigenella*
Lebensdauer von Bakteriensporen 82
— der Einschlußkörper 65
— der Parasiten-Imagines 147
Lebensgemeinschaft, Begriff 2
Lebenstafeln für Erfolgskontrolle 239
Lebia grandis, parasitisch und räuberisch an *Leptinotarsa decemlineata* 113
Lebistes spp. gegen Mückenlarven 263
Lecanium cerasorum, Zeitwahl für Insektizide gegen 212
— *corni*, — — — — 112
— *pruinosum*, — — — — 211, 212
Leefmansia bicolor, Ansiedlungsversuche 198
— —,Parasit von *Sexava nubila* 198
Leguminosae s. a. Hülsenfrüchte
Leguminosen gegen Nematoden 260
Lepidium sativum s. Kresse
Lepidoptera (= Lepidopteren) s. a. Schmetterlinge
—,Anreicherung für *Trichogramma* 234
—,Bekämpfung durch *Bacillus thuringiensis* 83—87
—,— — *Formica rufa* 228
—,— — Granulosen 68—69
—,— — *Trichogramma* 233
—,Einschlußkörper-Suspensionen bei Bekämpfung 65
— gegen Opuntien 285
—,humorale Immunität 38
—,insektenpathogene Viren an 57, 59
—,Kernpolyeder-Virosen der, Organerkrankungen der Raupen 37
—,Kernpolyedrosen und praktische Nutzung gegen 65—67
—,Larven, *Aplomyia caesar*, Entwicklung in 139
—,melanistische Mutanten 274
—,Mikrosporidiosen, Spezifität, (Tabelle) 74
—,*Neoaplectana carpocapsae*, Zucht in 258
—,parasitiert von *Neoaplectana* sp. 259
—,*Perilampus* spp. indirekte Sekundärparasiten von 123
—,Pflanzenschutzmittel-Wahl gegen 211
—,Plasmapolyedrosen, praktische Nutzung gegen 69
—,Polyederseuche und Wetter 44
—,Polyembryonie der Schlupfwespen bei 146

Lepidoptera-Puppen, Polyederviren-Vermehrung, künstliche in 37
—,Seuchenausbreitung durch Lebensweise 43
—,Verzeichnis der Feinde von 176
Lepidosaphes, Zehrwespen im Gewächshaus gegen 236
— *beckii*, Punktbehandlung gegen 212
— *newstaedi*, *Coccinellidae* Räuber von 131
— — an Bermuda-Zeder 282
— —,*Lindorus lophantae* Räuber von 131
— *ulmi*, *Aphytis mytilaspidis* gegen 223
— —,Vermeidung von Schwefel gegen 211
Leptinotarsa decemlineata s. a. Kartoffelkäfer
— —,Altersresistenz bei *Beauveria bassiana*-Infektion 93
— —,Befall durch *Beauveria bassiana* (Abb.) 96
— —,Bekämpfung durch *Beauveria bassiana*, Sprühen und Stäuben 95, 99
— —,— — Nematoden 259
— —,Eiablage von *Meigenia mutabilis* an 132
— —,Hühner gegen 280
— —,*Lebia grandis* räuberisch und parasitisch an 113
— —,neue Feinde von 127
— —,*Perillus bioculatus* Räuber von 121, (Abb.) 121
— —,partielle Abschirmung bei Erfolgskontrolle 241
— —,Schafe indirekt gegen 280
— —,Verschickung der Feinde von 190
— —,Vögel gegen 272
Leptomastidea abnormis gegen *Pseudococcus citri* im Gewächshaus 199, 237
Leptomastix dactylopii, Eiablage an ungeeigneten Wirten 132
— — gegen *Phenacoccus* spp. 231
— — — *Pseudococcus* 231
— — — *Pseudococcus citri* im Gewächshaus 237
— —,Massenzucht 215, 222
— —,monophag an, *Pseudococcus citri* 130
— —,periodische Freilassung 231
— —,oligophag im Laboratorium 130
Leptospermum scoparium, Bekämpfung durch *Eriococcus orariensis* 282
Lepus europaeus s. Hase
Levuana iridescens, Bekämpfung durch *Ptychomyia remota* 121, 181, 200
life table 239
Lindorus lophantae, Ameisen gegen 242
— —,Auslesezucht 224
— —,gezüchtete, gegen *Aspidiotus hederae* 231
— — meidet parasitierte *Chrysomphalus dictyospermi* 119
— —,koordinierte Spritzpläne für 210
— —,Räuber von *Lepidosaphes newstaedi* 131
Liothrips urichi gegen *Clidemia hirta* 284, 286
Listoderes-Larven, Versand 188
Lithocolletis sp., parasitiert von *Epilampsis* spp. 128
— *messaniella*, Verschickung der Feinde von 190
Litomastix sp., Polyembryonie bei 115
— *floridanus*, Geschlechterverhältnis (Tab.) 146
— *truncatellus*, Geschlechterverhältnis (Tab.) 146
Lixophaga diatraeae, Erfolg mit 297
— — gegen *Diatraea* sp. 9
— — — — *saccharalis* 297
— —,Spezialinstitut in Cuba für 9
Lockpflanzen für Entomophagen 203
Lockstoffe und Gifte, kombinierte Verwendung 213
Loewia spp., Wirksamkeit 159
logarithmic sprayer 208
Lonchaeiden gegen Opuntien 285
long-tailed mealybug s. *Pseudococcus adonidum*
Lophyrus rufus syn. *Neodiprion sertifer*
low density dependent, Eigenschaft von natürlichen Feinden 30, 46, 153, 162
Loxostege frustalis, Bekämpfung durch *Chelonus texanus* 221
— *sticticalis*, *Meteorus loxostegei* Parasit von 136
— —,parasitiert von *Cryptus inornatus* 117
— —,Verschickung der Feinde von 190
Loxotropa tritoma, Massenzucht an *Drosophila* 215
Lucilia sericata, parasitiert von *Alysia manducator* 154
Lufttransport für Entomophagen 185, 187
lutte biologique, Definition 1
— microbiologique s. a. Mikrobiologische Bekämpfung 35
Luzerne, *Colias philodice eurytheme* an, Bekämpfung 85
— Spritzplan für 211
— *Therioaphis maculata* an, Bekämpfung 95, 100
—,überwachte Schädlingsbekämpfung bei 208
Luzerneblattlaus s. *Therioaphis maculata* 55
Luzerneeule s. *Autographa californica*
Luzerneheufalter s. *Colias philodice eurytheme*
Luzernerüßler s. *Otiorrhynchus ligustici*
Lyda hypotrophica syn. *Cephalcia abietis*
Lydella stabulans grisescens syn. *Lydella thompsoni*
— *thompsoni*, Biotyp von 225
Lygocerus sp., Hyperparasit von *Aphidae* 129
— —,Parasit von *Cecidomyiidae* 129
— —,— — *Coccinellidae* 129
— —,— — *Syrphidae* 129
Lymantria dispar, Ansiedlung der Feinde von 173
— —,Ansiedlung von *Calosoma sycophanta* gegen 194
— —,Ansiedlungsversuche von Entomophagen gegen 197
— —,*Bacterium melolonthae liquifaciens* an, Formwechsel 80
— —,Bekämpfung durch *Coleoptera* 200
— —,— — *Diptera* 200

— —,— — *Hymenoptera* 200
— —,— — *Nosema lymantriae* 77
— —,— — *Streptococcus disparis* 83
— —,— — Virosen 7
— —,Bekämpfung in USA 5, 6
— —,Beschaffung 215
— —,Feindinsekten von 176
— —,gegen *Bacillus thuringiensis* relativ tolerant 84
— —,Graditionszusammenbruch durch Kernpolyedrose 44
— —,Hyperparasiten an 123
— —,Mikrosporidiosen an 47, 74
— —,Parasitenfolge bei 160
— —,parasitiert von *Anastatus disparis* 193
— —,— — *Exorista larvarum* 178
— —,— — — *mella* 178
— —,Parasitierung abhängig von Nährpflanze 139
— —,permanent virusverseucht 45
— —,Plasmapolyedrose an 69
— —,Polyederseuche durch Futterwechsel 43
— —,Polyeder - Verbreitung durch Waldbodenstreu 65
— —,potentielles Verbreitungsgebiet 20
— —,Stadium der Parasiten von, bei Freilassung 195
— —,Verfahren in USA beim Empfang parasitierter Eier von 193
— —,Viren an, Typenübersicht 59
— —,Zeitwahl für Insektizide gegen 212
— *monacha*, Bekämpfungsversuch durch Virosen 7
— —,*Formica rufa* gegen 229
— —,germinative Virus-Ausbreitung 46
— —,Gradationszusammenbruch durch Kernpolyedrose 43, 44
— —,Hyperparasiten an 123
— —,Kernpolyedrose-Diagnose bei 40
— —,parasitiert von *Parasetigena silvestris* 211
— —,Plasmapolyedrose an 69
— —,Polyeder - Verbreitung durch Waldbodenstreu 65
— —,Seuchenausbreitung 43
— —,Verhaltensänderung und Feindwirkung auf 162
— —,Virus, Krankheitsverlauf 44
— —,Vogeltätigkeit 269, 271, 272
— —,Zeitwahl bei DDT-Anwendung 211
Lymphozyten, Rolle bei Immunität 141, 142

Macrocentrinae, ento- später ektoparasitisch 114
Macrocentrus spp., Polyembryonie bei 115
— *ancylivorus*, Anzahl bei Ansiedlung 195
— —,Biotyp an *Grapholitha molesta* 225
— —,DDT-Resistenz 205, 224
— —,Entwicklung in *Grapholitha molesta* 147
— —,Fruchtbarkeit 216
— —,Geruchsorientierung 129
— —,*Gnorimoschema operculella* Ersatzwirt von 128, 217
— — gegen Insektizid-Anwendung 212
— —,Lebensdauer und Ernährung 147
— —,Massenzucht 215, 217, 221, 222
— —,Mehrfachbegattung bei 155
— —,Parasit von *Ancylis comptana fragariae* 128, 227
— —,Parasit von *Grapholitha molesta* 129, 155
— —,periodische Freilassung 231
— —,Polyembryonie 147
— —,Sexualindex 155
— —,Sterblichkeit der Geschlechter 155
— —,Überschwemmung 233
— —,Verfrachtung 227
— —,Verwendung gegen *Grapholitha molesta* 221, 227, 233
— —,Witterungsabhängigkeit 150
— *gifuensis*, Geschlechterverhältnis (Tab.) 146
Macrosiphum pisi, *Coccinella septempunctata* Räuber von 149
Maikäfer s. a. *Melolontha melolontha*, Resistenz gegen Kernpolyeder - Viren 37
—,Engerlingsinfektion durch *Bacillus thuringiensis* 38
—,Rickettsiose von Engerlingen, Inkubationszeit 39
—,— Diagnose 40
Mais, Lockpflanze für Raubwanzen 203
— für *Drosophila*-Zucht 218
—,*Peregrinus maidis* an 128
—,*Pyrausta nubilalis* an, Bekämpfung 85, 95
—,— — —,Mikroklima und Mykosen 93
—,Zuchtsubstrat für *Sitotroga cerealella* 218
— mehl, Trägerstoff für Bakterienpräparate 84
— zünsler s. *Pyrausta nubilalis*
Malacosoma spp., *Athiopsar cristatellatus* gegen 266
— sp., germinative und mechanische Weitergabe von Krankheitserregern 47
— —,Seuchenausbreitung 43, 47
— *disstria*, permanent virusverseucht 45
—,Toleranzwechsel für Polyeder 63
— *fragile*, Bekämpfung durch Kernpolyedrose 66
— *neustria*, Bekämpfung durch *Beauveria bassiana* + DDT 95
— —,— — *Carcelia excavata* 232
— —,Mikrosporidiosen an, Gewebespezifität 74
— —,parasitiert von *Telenomus laeviusculus* 230
— —,Sammlung der Eiparasiten von 230
— —,Vogelfeinde von 271
— —,Zeitwahl für Insektizide gegen 212
— *pluviale*, *Bacillus*-Infektion, Symptome 40
— —,Verhalten und Wirksamkeit der Feinde auf 162

Malameba locustae, praktische Verwendung gegen *Melanoplus* sp. 77
Malariamücken, Bekämpfung durch Fische 263—264
Malathion-Empfindlichkeit von *Entomophthora* sp. 96
Maleinsäurehydrazid, indirekte Wirkung gegen *Tortrix viridana* 213
Mamestra brassicae syn. *Barathra brassicae*
Mammalia s. Säugetiere
Mammea, Gefährdung der Fische 264
Männchenüberschuß bei Massenzucht 216
Mantis spp., Verhalten 125
manuka 282
Margarinomyces heteromorpha gegen *Heterodera rostochiensis* 260
Margaronia marinata, parasitiert von *Brachymeria euploeae* 202
— —,*Solenopsis geminata* Feind von 202
Marienkäfer s. *Coccinellidae*, *Coccinella*, *Adalia*, *Lindorus*, *Rodolia*, *Scymnus*
Marietta, obligate Hyperparasiten 122
— *javensis*, unbeabsichtigte Einfuhr 194
— —,Sekundärschmarotzer über *Coccus hesperidum* 194
Markierung von Beutetieren 131, 238
Massendauergebiet, Begriff 20
Massenproduktion insektenpathogener Mikrosporidien 75—76
— — Pilze 94
— von Pathogenen, industrielle 55
Massenwechsel, Begriff 19
—,Insektenkrankheiten und 42—49
— gebiet, Begriff 20
Massenzucht von Entomophagen 214—222
— — —,Zahlenbeispiele 222
Maßnahmen des Pflanzenschutzes, kulturelle Verfahren 3
Massospora, obligate Parasiten für Insekten 91
Mastrus carpocapsae, Auslesezucht 224
— —,Erkennen belegter Wirte 130
mathematische Verfahren zur Erfassung von Bevölkerungsschwankungen 26
Mattesia dispora, praktische Verwendung gegen *Plodia interpunctella* 77
Mauersegler, Aktionsbereich 272
Maulbeerbaum, *Schizaspidia tenuicornis*, Eiablage an 125
Maulbeerschildlaus s. *Aulacapsis pentagona*
Maulwurf gegen Insekten 278
Mäuse, Bekämpfung durch Bakterien 104—105
Mäuseartige s. *Muridae*
Mäusetyphus 104
Mayetiola destructor syn. *Phytophaga destructor*
mechanische Abschirmung für Erfolgskontrolle 241
Medicago sativa s. Luzerne
Mediterranean fruit fly s. *Ceratitis capitata*
Megaselia rufipes an Insektenlarven parasitisch und saprophag 113
Mehlmotte s. *Ephestia kuehniella*
Mehrfachbegattung bei *Macrocentrus ancylivorus* 155
— bei Schlupfwespen 155
Mehrfachbelegung und Gregärparasitismus 131
Meigenia mutabilis, Eiablage an *Leptinotarsa decemlineata* 132
Meisen gegen Insekten 273
— Siedlungsdichte 268
Melanin-Mutationen bei *Lepidoptera* 274
Melanoplus spp., Bekämpfung durch *Malameba locustae* 77
— *bivittatus*, Bekämpfung durch *Pseudomonas aeruginosa* 82
Melanoxanthus salicis syn. *Pterocomma salicis*
Melittobia, Inzucht 220
— *acasta*, Gregärparasit 115
Melittoma insulare, Unbekämpfbarkeit 298
Meloidogyne marioni, Pilze gegen 259, 260
Melolontha sp., *Bacillus popilliae*-Symptome 40
— —,*Beauveria tenella*-Infektion abhängig von Bodeneigenschaften 93
— —,Bekämpfung durch *Beauveria tenella* 99
— —,Epizootien an, Förderung durch Kulturmaßnahmen 97
— —,*Megaselia rufipes* parasitisch und saprophag an 113
— —,Myzel von *Beauveria tenella* an (Abb.) 92
— —,Rickettsienkrankheiten 55
— —,Schafe gegen 280
— —,Wassersucht der Engerlinge 40
— *melolontha* s. a. Maikäfer
— —,*Bacterium melolonthae liquifaciens* an, Formwechsel 80
— —,Bekämpfung durch Bakterien 87
— —,Pilzinfektionen 87
— —,Rickettsiosen an 87
— *vulgaris* syn. *M. melolontha*
melon fly s. *Dacus cucurbitae*
Melonen, Zuchtsubstrat für Diaspidinen 218
Mermithidae, Zuchtversuche 258
Merozoite, Vermehrungsstadium von Mikrosporidien 73
Mesoleius tenthredinis, Verwendung gegen *Pristiphora erichsonii* 6, 142, 172, 200
— —,Wirksamkeit 172
Metaphycus helvolus syn. *Aphycus helvolus*
— *luteolus*, Solitär- und Gregärparasit von *Coccus hesperidum* 115
Metarrhizium, insektenpathogen 90
— *anisopliae*, Chitinase-Bildung bei Insekten-Infektion 91
— — an *Cleonus punctiventris*, Blutbild 91
— —,erste Versuche mit 6
— —,Haltbarkeit der Sporen 94
— —,Infektionstemperatur 92
— —,verschiedene Pathogenität der Stämme 97
— —,Verwendung gegen *Agrotis segetum* 100
— —,— — *Anisoplia austriaca* 6
— —,— *Cleonus punctiventris* 6, 99

— —,— — *Cleonus punctiventris* kombiniert mit HCH 95
— —,— — *Cleonus punctiventris* kombiniert mit mechanischer Bekämpfung 97
— —,— — *Oryctes rhinoceros*, künstliche Infektion 97
Metatetranychus citri, *Chrysopa plorabunda* Räuber von 129
— —,*Conwentzia hageni* Räuber von 129
— —,Graswuchs und Feinde von 204
— —,*Stethorus picipes* Räuber von 129
— —,Virose an 65
— *ulmi*, chemische Abschirmung ungeeignet 241
— —,feindschonende Pflanzenschutzmittel gegen 210
— —,Schonung der Feinde von 212
— —,*Stethorus punctillum* Räuber von 144
— —,*Typhlodromus* spp. Räuber von 144
— —,Virose an 65
Metazoen, Verwendung, Geschichtliches 4—6
meteorologische Faktoren, Abhängigkeit der Prädatoren und Parasiten von 149
Meteorus loxostegei, Parasit von *sticticalis Loxostege* 136
— —,wirtsabhängige Generationenzahl 136
— *ruficeps*, Parasit von *Parasyndemis histrionana* 159
— —,Wirksamkeit 159
Methoden der biologischen Bekämpfung 15—17
— für Entomophagen - Versand 187—190
Methylzellulose, Haftmittel für Bakterien 85
microbial control s. a. mikrobiologische Bekämpfung 35
Microbracon chinensis, Nährmedium für 220
— —,Zucht an *Chilo* sp. 217
— *gelechiae* syn. *Bracon gelechiae*
Microceromasia sphenophori, Parasit von *Rhabdoscelus obscurus* 128
Micrococcaceae, apathogene, für Insekten 79
Micrococcus muscae, fakultativ pathogen für Insekten 79
Microcryptus basizonius syn. *Aptesis basizona*
Micromys minutus s. Zwergmaus
Microphanurus spp., Massenzucht 215, 217, 222
— —,Verwendung gegen *Eurygaster integriceps* 222, 231
— —,periodische Freilassungen 231
— *semistriatus*, Parasit von *Eurygaster integriceps* 203
— —,Verstecke für 203
Microplectron fuscipennis syn. *Dahlbominus fuscipennis*
Microplitis demolitor, gefressen von *Prodenia litura* 141
Micropus apus s. Mauersegler 272
Microsporidia, praktische Verwendung gegen Insekten 72
Microterys spp., parasitiert von *Coccophagus lycimnia* 140
Microtinae, Bakterien gegen 105
Microtus arvalis s. Feldmaus
Microtus guentheri, Bekämpfung durch Bakterien 104
Milben durch Ameisen verjagt 120
—,biologische Abschirmung bei Erfolgskontrolle 242
—,chemische Abschirmung bei Erfolgskontrolle 241
—,Einordnung bei entomophagen Insekten 112
—,Feinde von *Parlatoria blanchardi* 226
—,phytophage, Räuber von, dichteabhängig 144
— u. Insekten, Verwendung von Arthropoden gegen 112—257
milky disease A des Japankäfers s. a. *Bacillus popilliae* 37, 40
— — von Japankäfer, Ausbreitung 43
— — — —,Dauerwirkung 45
— — — —,Erregerkultur 82
— — — —,Sporenausbringung mit Kunstdünger 52
— — B s. *Bacillus lentimorbus* 86
mikrobiologische Bekämpfung, Abhängigkeit von Witterung 54, 55
— —,Anerkennung und Prüfung 52
— —,Einfachheit der Erregerproduktion 53
— —,keine Breitenwirkung 54
— —,Geschichtliches 6—7
— — von Mikroorganismen 110—111
— — von Schadinsekten, Allgemeines 51—56
— —,Ungefährlichkeit 52
— —,Vergleich zu Chemikalien 55, 56
— —,— der Vor- und Nachteile 52—55
— —,zeitliche Abstimmung 54
Mikrohymenopteren, Abfangen 221
Mikroklima, Beeinflussung zugunsten mikrobiologischer Verfahren 55
mikroklimatische Bedingungen fördern Entomophagen 203
Mikroorganismen, mikrobiologische Bekämpfung von 110—111
—,erste Anregung zur Verwendung 6, 7
—,germinative Übertragung bei Insekten 36
— gegen Wirbeltiere 7, 104—110
—,Infektionsweg bei Insekten 35—36
—,Symbionten in Tieren, Bekämpfung mit Antibiotica 18
—,Verwendung gegen Schadinsekten 35—104
Mikrosporidien, Aufbau und Vermehrung 72—73
—,Diagnose 75
—,Entwicklung von *Thelohania hyphantriae* (Abb.) 73
— an *Hyphantria cunea* 47
—,Infektionsweg 76, 80
— an Lepidopteren, Spezifität, Zusammenstellung 74
— an *Lymantria dispar* 47
—,Massenproduktion 75—76
—,praktische Nutzung 76—77
—,Spezifität-Resistenz 73—74

Mikrosporidien-Übertragung durch Räuber und Schlupfwespen 76
—,Verbreitung 75—76
—,germinative Weitergabe 46
— -Sporen, Mischung mit Insektiziden 76
— — von *Agrotis segetum* (Abb.) 74
— —,Haltbarkeit 54, 75
— —,Synergismus 76
Minierfliegen s. a. *Agromycidae*
Mißlingen von Ansiedlungsversuchen 198
Mittelmeerfruchtfliege s. *Ceratitis capitata*
Mollienisia spp. gegen Mückenlarven 263
Monodontomerus aereus, fakultativer Hyperparasit 122
Monokulturen, Nachteil 202
Monophagie der Entomophagen 159—160
monoxene Entomophagen, Wirksamkeit 159
Montmorillonit, Trägerstoff für Bakterien 84
Moratorvirus in Typenübersicht für Viren 59
Mormoniella vitripennis syn. *Nasonia vitripennis*
Mortalität, tatsächliche 239
—,Ursache der Populationsdichteschwankungen 21
Mortalitätsfaktoren, Kompensation biotischer 160
Mortalitätszahlen, Wertung 239
Morus s. Maulbeerbaum
mouche des fruits s. *Ceratitis capitata*
mouche de l'olive s. *Dacus oleae*
Mücken, Schafe gegen 280
Mückenlarven, Bekämpfung durch Algen 261
—,— — Fische 263—264
—,Markierung 131
multiparasitism 116
Multiparasitismus 116, 117, 118
multiple mating s. a. Mehrfachbegattung 155
— -stage population 135
Mungo gegen Ratten 279
Mungos mungo s. Mungo
Muridae, pathogene Bakterien für 104
Mus musculus s. Hausmaus
Musca domestica, parasitiert von *Nasonia vitripennis* 25
Muscidae, Unterscheidung der Larven 177
Mustela s. Wiesel
Musteliden, Verwendung 4
Mutation bei Kernpolyederviren 48
Mutation, Ursache für Epizootien 48
Myiophagus sp. gegen *Citrus*-Schildläuse, Fungizid-Schädigung 96
Mykosen s. a. Pilzkrankheiten
—,lokalisierte und generelle bei Insekten 91
— von Insekten, zusammenfassende Literatur 90
—,Förderung durch Kulturmaßnahmen 97
Mynah s. *Acridotheres tristis*
Myopites stylata, Überwinterungswirt für *Eupelmus urozonus* 204
Myrmeleon spp., Verhalten 125
Myxomatose, abgeschwächte Virus-Stämme 106, 107
—,"attenuated strains" 106
—,epizootische Wellen in Australien 106
— gegen Kaninchen 104—108
—,Hauskaninchen-Verluste durch 107
— in Australien 9, 106, 107
— in Europa 107, 108
—,Impfung von Hauskaninchen gegen 107
—,Kaninchenfloh, Überträger in England 107
—,Lebensdauer des Virus an Überträgern 107
—,Letalität bei Kaninchen 106
—,Überträger 106, 107
—,wirtschaftliche und biozönotische Folgen 108

Nachhaltigkeit biologischer Verfahren 299
Nachteile mikrobiologischer Verfahren 54
Nachweis und Diagnose von Insektenkrankheiten 41—42
Nadelholz-Insekten, Massenvermehrung, Gründe 31
Nagetiere, Bekämpfung durch Bakterien 104—105
—,*Salmonella enteritidis* var. *danysz* an 104
—,Vogelwirkung auf 271
Nährböden für insektenpathogene Bakterien 81
— — — Pilze 94
Nährpflanze, Bedeutung für Massenwechselzonen 20
— beeinflußt Wirtseignung für Parasiten 139
Nahrung, Einfluß auf Entomophagen 142—143
— für Parasiten 132, 145 bis 148
— als Stressor bei Insektenvirosen 39
Nahrungskette der Wirte und Parasiten 128, 129
Nahrungswechsel bei Insekten, krankheitsfördernd 43
Napfschildlaus, Schwarze s. *Saissetia nigra*
Nashornkäfer s. *Oryctes rhinoceros*
Nasonia vitripennis, Eizahl 139
— —,Parasit von Dipteren 139
— —,— — *Musca domestica*, Entwicklungsgesetze 25
— —,Sexualindex und Außeneinflüsse 155
— —,synovigen 152
— —,wahllose Wirtsannahme 130
— —,Wirtssuche 129
natürliche Begrenzung von Populationen 23
— Feinde, Stufen der Anpassung 30
— —,als Begrenzungsfaktoren 29, 30
— —,Kombination mehrerer 181
natürliches Gleichgewicht von Populationen 23—31
natural control, Definition 2
— —,natürliche Begrenzung von Populationen 23
Nebenwirkungen chemischer Pflanzenschutzverfahren 207
— bei Verwendung insektenpathogener Pilze 96—97
Nekrophagen, unter Parasiten 146
Nektar, Nahrung für räuberische Arthropoden 143
Nematinen, Ameisen gegen 229
Nematoden, Bekämpfung durch Pilze 259—260
— gegen Arthropoden 258—259

— gegen Nematoden 259
— der Insekten, Infektionsweg 80
—,Oligochaeten gegen 259
—,Pflanzen gegen 259—260
—,Zuchten auf künstlichem Substrat 258
Nematus ribesii, Bekämpfung durch *Trichogramma minutum* 6, 232
Nemeritis canescens syn. *Idechthis canescens*
Neoaplectana sp., praktische Verwendung 258, 259
— *bothynoderi* gegen *Bothynoderes* sp. 259
— *carpocapsae*, Zucht 258
— *glaseri*, Parasit von *Popillia japonica* 258
— —,praktische Verwendung 258
— —,Zucht 258
— *leucaniae*, Parasit von *Crambidae* 258
— —,— — *Noctuidae* 258
— —,Verwendung und Zucht 258
Neodiprion spp., *Drino bohemica* Parasit von 141
— *pratti banksianae*, Virusstäbchen in Zellkern (Abb.) 62
— *sertifer*, Bekämpfung, erfolgreiche 299
— —,— durch Kernpolyeder 67
— —,*Dahlbominus fuscipennis* Parasit von 137
— —,Gradationszusammenbruch durch Kernpolyedrose 44
— —,Infektion durch virusverseuchten Raubwanzen-Kot (Abb.) 47
— —,Kern-Polyedrose durch Granuloseviren provoziert 39
— —,künstliche Virus-Ausbreitung gegen 65
— — -Larve, viruskrank, Raubwanze an (Abb.) 47
— —,parasitierte, durch Spitzmäuse gemieden 119
— —,Polyedervirus, Ausbreitungsweg 47
— —,— -Konzentration, wirksame von 54
— —,— -Massenproduktion an 64
— —,—,Verbreitung durch andere Insekten 47
— —,Polyedervirus-Toleranz 38
— —,*Tetracampe diprioni* Parasit von 135
— —,Viren an, Typenübersicht 59
— —,— —,germinative Weitergabe 46
— —,Virusinfektion und Larvensterblichkeit (Abb.) 67
Neotran, Verwendung im Insektarium 219
Nerium s. Oleander
Netzmittel, Alkylphenole für Viruspräparate 65, 68, 69
— für Bakterien 85
— für Pilzsporen 95
—,Triton B für Granuloseviren 68
Netzschwefel-Empfindlichkeit von *Entomophthora* sp. 96
— Spinnmilben-Räuber schonend 210
Neuseeland, Stellen für Nützlingsimporte 9
Nicotiana tabacum s. Tabak
Nikotin-Begasung und Schonung natürlicher Feinde 208, 210, 211
— sulfat, selektive Wirkung 211
Nirosan, selektiv gegen *Clysia* und *Polychrosis* 209, 210, 211
Nistkästen für Vögel 268
Noctuidae, Bekämpfung im Gewächshaus 237
—,— durch *Metarrhizium anisopliae* 100
—,*Bufo marinus* gegen 264
—,parasitiert von *Neoaplectana leucaniae* 258
—,Phagozytose nach *Sorosporella uvella*-Infektion bei 93
— -Raupen, Versand 188
—,Synergismus von Viren in 40
—,Toleranz für *Bacillus thuringiensis* 84
Nomadacris septemfasciata, *Acridotheres tristis* gegen 266
Nonne(n) s. *Lymantria monacha*
—,Untersuchung der Feindwirkung auf 241
Nosema, Erreger von Insektenkrankheiten 72
— sp., Verwendung gegen *Tineola bisselliella* 77
— *aporivora* an Lepidopteren, Gewebespezifität 74
— *bombycis* an *Bombyx mori*, Symptome 75
— —,Gefahr für Seidenraupenzucht 77
— — an *Hyphantria cunea* 77
— — an Lepidopteren, Gewebespezifität 74
— *infesta*, Verwendung gegen *Crambus bonifatellus* 77
— *lymantriae* an *Euproctis chrysorrhoea* 76
— — an Lepidopteren, Gewebespezifität 74
— — an *Lymantria dispar* 77
— *minor* an *Hyphantria cunea* 77
— — — Lepidopteren, Gewebespezifität 74
— *muscularis* an Lepidopteren, Gewebespezifität 74
— — an *Hyphantria cunea* 77
— *otiorrhynchi* in *Otiorrhynchus ligustici*, Infektionsverlauf 74
— — — — verstärkt DDT-Wirkung 76
— *perezioides*, Sporen in *Agrotis segetum* 74, (Abb.) 75
Nosematidae, Aufbau 72, 73
—,praktische Verwendung gegen Insekten 72
Nucleophiliales (Kernpolyeder und Kapseln), Bau und Vermehrung 58, 60
— in Typenübersicht für Viren 59
Nukleinsäure, Infektiosität der 58, 60
— des Virus, Virustypen-Einteilung 59
numerical response der Feinde auf Wirtsdichte 29
— — der Vögel 271
nutgrass armyworm s. *Laphygma exempta*
Nutzarthropoden s. a. Entomophagen, Parasiten, Räuber
—,Änderung der Lebensbedingungen für 202
—,Ansiedlung 173, 201
—,eingeführte 181
—,Erhaltung und Förderung 201—202
Nutzinsekten, einheimische, erste Versuche 4

Nützlinge, Definition 1
—,künstliche Massenzucht, Verwendung 17
Nutzorganismen, Typen der Verwendung von (Schema) 16
Nutzung insektenpathogener Bakterien 82—87
— von Insektenvirosen 65 bis 72
Nygmia phaeorrhoea syn. *Euproctis chrysorrhoea*

Obstarten, Mikrosporidiosen von Lepidopteren an, (Tabelle) 74
Obstbaum-Milben, Abschirmung für Erfolgskontrolle 242
— —,Zählung 239
Obstmade s. *Carpocapsa pomonella*
Octamethylpyrophosphorsäureamid s. Schradan
Oecophylla longinoda verdrängt durch *Anoplolepis longipes* 119
— —,unwirksames DDT-Präparat gegen 210
— —,Lockpflanze für 203
— —,Räuber von *Pseudotheraptus wayi* 203
— *smaragdina*, Nutzameise 4
Ohrwurm, Gemeiner s. *Forficula auricularia*
ökologische Maßnahmen des Pflanzenschutzes, Begriff 3
— Rassen, Entstehung 141
— Valenz von Wirt und Schmarotzer 150, 151
Ökosystem, Gleichgewicht innerhalb des 27
oleander scale s. *Aspidiotus hederae*
Oleander-Anpflanzung zur Förderung von *Aphycus helvolus* 204
—,*Saissetia oleae* an 121, 218
Oligarces paradoxus, Sexualindex und Außeneinflüsse 155
Oligochaeten gegen Nematoden 259
Oligophagie der Entomophagen 126
olive fruit fly s. *Dacus oleae*
olive scale s. *Parlatoria oleae*
Oliven-Schädlinge (biol. Bekämpfung) Institute 9
Olivenfliege s. *Dacus oleae*
Olivenschildlaus s. *Parlatoria oleae*
one-stage condition 179
Ooencyrtus kuvanai, Unterscheidung belegter Wirte 130
Operophtera brumata, Bekämpfung durch *Bacillus thuringiensis* 86
— —,Vogeltätigkeit 271
Opius spp. gegen *Dacus dorsalis* 117
— —,Konkurrenz untereinander an *Dacus dorsalis* 117, (Abb.) 117
— —,Sexualindex 154
— *humilis*, gegen *Ceratitis capitata* 182
— —,Wirtsannahme 130
— *ilicis*, Anzahl bei Ansiedlung 195
— —,Parasit von *Phytomyza ilicis* 195
— *longicaudatus*, Parasit von *Dacus dorsalis*, 117
— *oophilus*, Parasit von *Dacus dorsalis* 117, 182, 200
— *tryoni* syn. *Diachasma tryoni*
— *vandenboschi*, Parasit von *Dacus dorsalis* 117
Optimum, synökologisches 22, 151
Opuntia dillenii, Bekämpfung durch *Dactylopius indicus* 284
— —,— — — *tomentosus* 284
— —,Phytophagen an 282
— *elatior*, Bekämpfung durch *Dactylopius tomentosus* 284
— *inermis* syn. *Opuntia stricta*
— *megacantha*, Bekämpfung durch *Cactoblastis cactorum* 284
— —,— — *Dactylopius tomentosus* 284
— —,*Cactoblastis cactorum* an (Abb.) 286
— —,Phytophagen an 282
— —,Schaden 282
— *stricta*, *Cactoblastis cactorum* gegen 283, 284
— —,Bekämpfung durch *Dactylopius indicus* 284
— —,— — *Tetranychus desertorum* 283
— *vulgaris*, Bekämpfung durch *Cactoblastis cactorum* 284
— —,— — *Dactylopius indicus* 284
Opuntien, Bekämpfung 282, 283, 284
—,— durch *Cactoblastis cactorum* 282, (Abb.) 285
—,— in Australien 284
—, Cecidomyiiden gegen 285
—,*Chalcidoidea* gegen 285
—,*Chelinidea tabulata* gegen 285
—,Coleopteren gegen 285
—,Feinde der 285
—,Hemipteren gegen 285
—,Lepidopteren gegen 285
—,Lonchaeiden gegen 285
—,Schaden 282
Orangen s. a. *Citrus*, Nutzameisen an 4
—,*Carpocapsa pomonella* an 289
Orangenschildlaus s. *Coccus hesperidum*, *Icerya purchasi*
Oregma lanigera, Bekämpfung durch *Encarsia flavoscutellum* 231
Oreta carnea, Biozönose und Feinde von 202
— —,Förderung der Feinde von 202
— —,parasitiert von *Brachymeria euploeae* 202
— —,*Solenopsis geminata* Feind von 202
Organisation s. a. unter biol. Schädlingsbekämpfung 7—12
Organisationen für biologische Bekämpfung, internationale 11—12
— — — —,nationale (staatliche und private) 7—11
Orgyia antiqua, Eier von, ungeeignet für *Trichogramma* spp. 137
Oriental fruit fly s. *Dacus dorsalis*
— — moth s. *Grapholitha molesta*
Orthoptera, für *Bacillus thuringiensis* nicht anfällig 84
—,parasitiert von *Neoaplectana* sp. 259
Örtlichkeit zum Sammeln einzuführender Entomophagen 175—176
Oryctes rhinoceros, Infektion durch *Metarrhizium anisopliae* in Fanghaufen 97
Oryctolagus cuniculus s. Kaninchen
Oryza s. Reis

Oscinella frit, Feindkomplex von 161
Ostrinia nubilalis syn. *Pyrausta nubilalis*
Oszillationen der Populationsdynamik 19, 21
Otiorrhynchus ligustici, Befall durch *Nosema otiorrhynchi*, Infektionsverlauf 74
— —,biologische und chemische Bekämpfung kombiniert 53
— —,Mikrosporidien-Übertragung durch das Ei 76
— —,germaninative Mikrosporidien-Ausbreitung 46
— —,Nosema-Befall und DDT-Empfindlichkeit 76
outbreak = Gradation 19
oystershell scale s. *Lepidosaphes ulmi*

Pachynematus scutellatus, parasitiert von *Adelognathus brevicornis* (Abb.) 113
Pachyneuron sp., Hyperparasit von *Aphidae* über *Aphidiidae* 129
— —,Parasit von *Cecidomyiidae* 129
— —,— — *Coccinellidae* 129
— —,— — *Syrphidae* 129
pale western cutworm s. *Agrotis orthogonia*
Palme, *Rhabdoscelus obscurus* an 128
pamakani s. *Eupatorium adenophorum*
Panchax spp. gegen Mückenlarven 263
Panolis flammea, Ameisen gegen 229
— —,Bekämpfung durch *Trichogramma embryophagum* 232
— —,— — *Trichogramma minutum* 232
— —,Veratrin selektiv gegen 209
— —,Schweine gegen 280
Panonychus ulmi syn. *Metatetranychus ulmi*
Panstenon oxylus, Nahrungsquellen 144
Papaipema nebris parasitiert von *Lydella thompsoni* 225
— —,— von *Sympiesis viridula* 225
Paradexodes epilachnae, Entwicklung 135
— —,Einbürgerungsversuch gegen *Epilachna varivestis* 135
Paranagrus optabilis, gegen Zuckerrohr-Zikade 5
Parasetigena segregata syn. *Parasetigena silvestris*
— *silvestris*, Parasit von *Lymantria monacha* 211
Parasiten s. a. Entomophagen
— unter Arthropoden, Grundlagen 112—116
—,Aussetzen als Eier, junge Larven 195
—,Begriff 22, 112, 113
—,Bestimmung bei Empfang 193
—,Beziehungen zwischen Wirt und, Schema (Abb.) 122
—,Eiablage, Verhalten bei 124
—,Eibildung und Ernährung 148
—,Einflüsse des Wirtes auf 139—142
—,Eiproduktion und Suchfähigkeit 125
—,Eiverteilung der 130, 131
—,Entstehung von Biotypen 150
—,Fehlleistungen bei Wirtsannahme 130
— -Folge, Theorie der 160
—,Fressen am Wirt bei 148, 158
—,Generationenzahl wirtsabhängig 136
—,Geschlechterverhältnis 139, 140, 153—155
— Größe und Ernährung 139, 147
— -Kataloge 176
—,Klima und Witterung auf 149—151
—,Körperbau-Änderungen 140
—,Konkurrenz unter eingeführten 180
— -Larven, Nahrungsquellen 145
—,Laufaktivität 141
—,Imagines-Ernährung, Lebensdauer 147, 148
— des Menschen, Bekämpfung der Zwischenwirte, 260—261
—,Nahrungseinfluß 145—148
—,ökologische Rassen 141
—,oligophage, Wirksamkeit 159
—,Ort der Eiablage 114
—,periodische Freilassungen 231
—,polyvoltine, Entwicklung 135
— -Prädatoren-Katalog 133
— oder Prädatoren, Überlegenheit von 156—157
— der Prädatoren, Verfahren beim Empfang 194
— und Räuber, Übergangsformen 113
—,Sammlung von 230, 231
—,Selbstgewöhnung 141
—,Spezialisierung auf biozönotischen Komplex 129
—,Spezialisierung auf Lebensformen der Wirte 128
—,Stadium bei Freilassung 195—196
—,Sterblichkeit 141
—,Suchen der Wirte 129
—,Suchfähigkeit 125
— -Tätigkeit, Erkennung 239
—,Typen der 113, 114
—,Übertragung aus anderen Wirten 182—183
—,Unterscheidungsfähigkeit belegter und unbelegter Wirte 116, 130
—,Verbreiter von Krankheitserregern 47
—,Verhaltensänderungen 140
—,Vertreter, typische 113
— -Verzeichnisse 176
— -Weibchen, Fressen am Wirt 158
—,Weiterexistenz 163
— und Wirt, Dichteverhältnis 136, 137
— — —,ökologische Valenz 150, 151
—,Wirtswahl 140
parasitism, multiple 116
Parasitismus, Begriff 134
—,chemisch unvollständiger 137—139, (Abb.) 138
—,gelegentlicher 134
—,heteroxener 115
—,mechanisch unvollständiger 137, (Abb.) 138
—,monoxener 115
—,ökologisch unvollständiger 134, (Abb.) 138
—,physiologisch unvollständiger (Abb.) 138, 139
—,unvollständiger, bei *Trichogramma* 130, 134 (Schema) 138, 139
—,—,Typen 134
—,vollständiger 134, (Schema) 138

Parasitismus, vollständiger, von *Trichogramma evanescens* 138, 139
—,— und unvollständiger, Schema von *Trichogramma* (Abb.) 138
Parasitoid, Begriff 112
Parasyndemis histrionana, parasitiert von *Meteorus ruficeps* 159
Paratetranychus citri syn. *Metatetranychus citri*
Paratheresia claripalpis gegen *Diatraea saccharalis* 227
— —,Hybridisierung 223
— —,Verfrachtung 227
Parathion zur chemischen Abschirmung bei Erfolgskontrolle 241
— gegen *Clysia ambiguella* 211
— -Empfindlichkeit von *Entomophthora* sp. 96
—,Vermeidung von 210
Paratriphleps laeviusculus, Lockpflanze für 203
— —,Räuber von *Heliothis virescens* 203
Paratylenchus, *Tagetes* gegen 260
Parlatoria blanchardi, Verfrachtung der Feinde von 226
— —,Verschleppung 226
parlatoria date scale s. *Parlatoria blanchardi*
— *oleae*, Bekämpfung durch *Aphytis maculicornis* 199
— — parasitiert von *Aphytis maculicornis* 180
— *ziziphus*, Bekämpfung durch *Chilocorus nigritus* 230
Parthenogenese bei Schlupfwespen 155
partielle Abschirmung für Erfolgskontrolle 241
Parus major, Überträger von Mikrosporidiosen 76
Passage insektenpathogener Pilze durch Wirte und Virulenz 92
— der Krankheitserreger und Virulenzverlust 36
Passer domesticus, Einfuhr 266
Pasteurella multocida gegen Kaninchen 7
Pastinaca, Futterpflanze für *Ernestia consobrina* 203
Pathogene s. a. Krankheitserreger
Pathogenität von Bakterien, Prüfung der 80
— insektenpathogener Mikrosporidien 73
— von Krankheitserregern, nicht beeinflußbar 54
— eines Mikroorganismus, Begriff 36
Pebrine an *Bombyx mori*, in Zuchtgebieten 77
— -kranke Seidenspinnerraupen, Symptome 40
Pectinophora gossypiella, Bekämpfung durch *Bacillus thuringiensis* 85
Pediculoides ventricosus, unerwünschte Einschleppung 179
Pegohylemyia jacobaeae, Verwendung gegen *Senecio jacobaea* 284
Pegomyia hyoscyami, Zeitwahl für Insektizide gegen 212
Penicillium, Fungizid-Resistenz 111
— gegen *Armillaria mellea* 111
— gegen *Pythium ultimum* 111
— gegen phytopathogene Pilze 110, 111
— sp. gegen *Pythium* sp. 110
Pentatomidae, Bekämpfung durch *Aspergillus repens* 100
—,— — *Beauveria bassiana* 99
—,Empfindlichkeit gegen Insektizide 210
Peregrinus maidis, Beute für *Cyrtorhinus mundulus* 128
Perezia pyraustae syn. *Glugea pyraustae*
Pericerya purchasi syn. *Icerya purchasi*
Perilampus spp., indirekte Sekundärparasiten von Lepidopteren 123
— —,Trophamnion bei 146
— sp., Wirtsfindung 128
— *tristis*, Hyperparasit von *Rhyacionia buoliana*, Eizahl 123
Perillus bioculatus, gegenseitige Förderung 121, (Abb.) 121
— —,Räuber von *Leptinotarsa decemlineata* 121 (Abb.) 121
— —,Versand im Eistadium 187, (Abb.) 188
Periodische Freilasungen von Entomophagen 229—234
periodischer Kontakt bei Entomophagenzucht 217
Perkinsiella saccharicida, Bekämpfung 5
— —,Bekämpfung durch *Cyrtorhinus mundulus* 128, 200
Permanenzgebiet, Begriff 20
Pfirsichwickler s. *Grapholitha molesta*
Pflanzen gegen Nematoden 259—260
—,Nahrung für Prädatoren 144
Pflanzenhygiene, Begriffsabgrenzung 2
Pflanzensauger s. *Hemiptera*
Pflanzenschutz, Kombination der Verfahren 202
—,kultureller 300
—,mögliche Wege für 206
Pflanzenschutzmittel, Auswahl der 209
—,Dosierung und Wahl 208 bis 214
—,Gesamtwirkung auf Biozönose 207
—,gruppenspezifische 209, 210
—,örtliche Konzentration 212 bis 213
— -Resistenz von Schädlingen 206
—,Schonung von Nutzorganismen 16, 17
—,selektive 209, 210, 241
—,systemische, örtlich gezielte Anwendung 213
—,Toxizität für Arthropoden 209
—,ungünstige Nebenwirkungen 205, 206, 207
—,Vergleich zur Mikroorganismenverwendung 55, 56
—,Verträglichkeit mit Erregern von Insektenkrankheiten 52
—,Verträglichkeit mit insektenpathogenen Pilzen 95 bis 96
—,Wirkungsdauer, Berücksichtigung 211
—,Zeitwahl bei Anwendung 211—212
Pflanzentherapie, Begriffsabgrenzung 2

Pflanzenwirkung auf Entomophagen 203—204
Phaeogenes spp., Parasiten von *Choristoneura fumiferana* 154
— —,Sexualindex und Wirt 154
Phagozytose bei Insekten-Mykosen 93
—,Vorgänge bei Immunität 37, 38, 142
Phalaenidae s. a. *Noctuidae*
—,Zuchtsubstrat für 218
Phanurus beneficiens gegen *Chilo simplex* 231
— —,Sammlung 231
Pharoscymnus spp., Feind von *Parlatoria blanchardi* 226
— —,Verfrachtung 226
Phaseolus s. Bohne
Pheidole megacephala fördert *Aonidiella aurantii* 120
— — gegen *Anoplolepis custodiens* 120
Phenacoccus spp., Bekämpfung durch *Cryptolaemus montrouzieri* 231
— —,Bekämpfung durch *Leptomastix dactylopii* 231
Pheromone 213
Phoenix s. Palme, Dattelpalme
Phoracantha semipunctata, *Chrysopa carnea*-Zucht an 217
Phoridae, Unterscheidung der Larven 177
Phosdrin, kurzfristige Wirkung 211
Phospholipase-Bildung von *Bacillus cereus* 80
Phosphorverbindungen, organische, Dosierung 208
—,—,gruppenspezifische 210
—,—,Vogelverluste 269
Phryxe caudata, Parasit von *Thaumetopoea pityocampa* 211
— — in viruskranker *Thaumetopoea pityocampa* 46, 139
Phthorimaea operculella syn. *Gnorimoschema operculella*
Phycomycetes, insektenpathogene 90
Phyllocnistis citrella, parasitiert von *Ageniaspis* sp. 150, 203
Phyllotoma nemoralis syn. *Heterarthrus nemoratus*
— *nemorata* syn. *Heterarthrus nemoratus*
Phylloxera vastatrix syn. *Viteus vitifolii*
Physcus sp., unvollständiger Parasitismus in *Aonidiella aurantii* 139
physikalische Bedingungen, Stressoren bei Insektenvirosen 39
— Maßnahmen des Pflanzenschutzes, Begriff 3
Physokermes hemicryphus, Honigspender 143
Phytodietus sp. an *Zeiraphera griseana*, Ort der Eiablage 114
Phytomyza ilicis, parasitiert von *Opius ilicis* 195
— sp., parasitiert von *Epilampsis* sp. 128
Phytophaga destructor, Bekämpfung durch Entomophagen 172
— —,synökologisches Optimum 151
phytophage Schnecken 260
Phytophagen, Aussetzen von 243
—,Begrenzung durch Einzelarten von Entomophagen 161
—,mögliche Nutzung 15
—,Nahrungswahl 289
—,Verhaltensänderung und Feindwirkung 162
Phytoseiulus riegeli, Verwendung im Gewächshaus 237
Picromerus bidens, Nahrung 144
Pieridae, Bekämpfung durch *Bacillus thuringiensis* 85
Pieris spp. fressen parasitierte Eier 141
— sp., *Apanteles glomeratus* in 115
— —,ungeeigneter *Trichogramma*-Wirt, Schema (Abb.) 138, 139
Pieris brassicae, *Apanteles glomeratus* an (Abb.) 114
— —,*Bacillus thuringiensis* infiziert und *Apanteles glomeratus*-Entwicklung 46
— —,Bekämpfung durch *Bacillus thuringiensis* 85
— —,— — Granulose 68
— —,— — *Trichogramma* 233
— —,germinative Virus-Ausbreitung 46
— —,Mikrosporidien-Infektion 76
— —,zur Qualitätsprüfung von Erregern 52
— —,Toleranz gegen Granulosevirus 43
— —,— — Plasmapolyedrose 43
— —,Vogelfeinde von 271
— —,wirksame Hyperparasiten an 123
— *napi* aktiviert Granulosevirus 43
— *rapae*, Bekämpfung durch *Apanteles glomeratus* 4
— —,— — *Bacillus thuringiensis* 85, (Abb.) 85
— —,— — Entomophagen 172
— —,— — Granulose 68
— —,— — *Pteromalus puparum* 200
— —,Kernpolyedrose unspezifische 63
— —,Mikrosporidien-Übertragung durch das Ei 76
— —,parasitiert von *Apanteles rubecula* 186
Piesma maculatum, Eier abgelehnt von *Trichogramma* 139
Pilze, entomophage, obligate Parasiten 91
— gegen Nematoden 259 bis 260
—,insektenpathogene, Anwendungsform 99, 100
—,—,Ausbreitung, natürliche 94—95
—,—,Beispiele für Verwendung (Tabelle) 99, 100, 101
—,—,Diagnose 93—94
—,—,fakultative und obligate Parasiten 91, 92
—,—,Haltbarkeit 94
—,—,Immunität gegen 93
—,—,Infektion und Pathologie 91—93
—,—,Isolierung und Kultur 93—94
—,—,Massenproduktion 94
—,—,Nebenwirkungen bei Verwendung 96—97
—,—,Resistenz gegen 93
—,—,Typen und Vermehrung 90

Pilze, insektenpathogene, Verbreitungsmöglichkeiten 95
—,—,Verträglichkeit mit Pflanzenschutzmitteln 95
—,—,Verwendung 90—105
—,—,Virulenz und Virulenzverlust 36, 92
—,—,Zukunftsaussichten für Verwendung 98—101
—,parenterale Infektion von Insekten 36
—,phytopathogene, mikrobiologische Bekämpfung 110, 111
Pilzkrankheiten s. Mykosen
Pimpla, Sexualindex und Wirt 154
— *ruficollis*, Geruchsorientierung 128
— —,Parasit von Kieferntriebwickler 128
Pineus strobi, *Pullus suturalis* Räuber von 131
Pinienprozessionsspinner s. *Thaumetopoea pityocampa* 69
Pinus s. a. Kiefer
— spec., *Neodriprion sertifer* an, biologische Bekämpfung 67
— *strobus* s. Weymouthskiefer
Pipunculidae, Unterscheidung der Larven 177
Pisces, Verwendung 263 bis 264
Pisum sativum s. Erbse
Planococcus spp., *Cryptolaemus montrouzieri* Räuber von 149
Plasmapolyeder s. a. Zytoplasmapolyeder
Plasmapolyeder von *Dasychira pudibunda* verursacht Kern-Polyedrose 39
—,Färbemethoden 64
— an *Choristoneura fumiferana* mit anderen Virosen 63
—,Infektion, lokale 37
—,Massenproduktion 64
—,Verwendung gegen *Euproctis chrysorrhoea* 69
—,— — Lepidopteren 69
—,— — *Thaumetopoea pityocampa* 59
— zusammen mit Kernpolyedrose 63
Plasmophiliales in Typenübersicht für Viren 59
Platygaster spp., Polyembryonie bei 115
— *felti*, Geschlechterverhältnis (Tab.) 146
— *hiemalis*, Geschlechterverhältnis (Tab.) 146
— *variabilis*, Geschlechterverhältnis (Tab.) 146
Platygasteridae, Polyembryonie bei *Diptera* 146
Pleurotropis parvulus, Eizahl 139
— —,erfolgreicher Einsatz auf Fidschi-Inseln 179, 182
— —,Parasit von *Promecotheca nuciferae* 182
— —,Verwendung gegen *Promecotheca reichei* 139, 179, 182, 200
— *tarsalis*, Tertiärparasit von *Lymantria dispar* 123
Plistophora, Erreger von Insektenkrankheiten 72
— *aporiae* an Lepidopteren, Gewebespezifität 75
— *schubergi* an Lepidopteren, Gewebespezifität 74
— —,gegen *Hyphantria cunea* 77
Plodia interpunctella, Ersatzwirt für *Macrocentrus ancylivorus* 215
— —,Bekämpfung durch Schizogregarine *Mattesia dispora* 77
Plutella maculipennis, Bekämpfung durch *Angitia cerophaga* 200
— —,Bekämpfungsversuche mit *Angitia cerophaga* 150
— —,Bekämpfung durch *Bacillus thuringiensis* 85
— —,DDT-Zein-Präparat gegen 209
— —,*Entomophthora sphaerosperma*-Seuche, Wettereinfluß 45
— — durch *Entomophthora sphaerosperma* unterdrückt und gefördert 97
— —,Schädigung durch Populationsrückgang der Feinde 46
— —,Verschickung der Feinde von 190
— —,Zeitwahl der Applikation und Mittelwahl gegen 211, 212
Poecilia spp. gegen Mückenlarven 263
Poeciliidae gegen Mückenlarven 263
—,Insektizidempfindlichkeit 264
Polychrosis, Nirosan selektiv gegen 209
— *botrana*, Bekämpfung durch *Trichogramma minutum* 232
— —,Förderung von Mykosen an 97
— —,Bekämpfung durch *Bacillus thuringiensis* 85
Polyeder (-Virus) s. a. Kernpolyeder, Plasmapolyeder
—,Aufbau 57
—,Alkali-Einwirkung 58
— von *Aporia crataegi* (Abb.) 57, (Abb.) 58
— an Lepidopterenraupen und Wetter 44
— von *Malacosoma* 47
—,Massenproduktion 64
—,von *Neodiprion sertifer*, Haltbarkeit 47
—,Präparate von 69
—,Verwendung gegen *Pseudalethia unipuncta* 68
—,— — *Thaumetopoea pityocampa* 69
— -Protein, fehlende Infektiosität 58
—,in Typenübersicht für Viren 59
—,Vermehrung, künstliche 37
Polyedrose, Provokation durch Chemikalien 39
—,Symptome an Insektenlarven 41
— von *Lymantria monacha* bei Gradationen 43
— von *Malacosoma disstria*, Toleranzwechsel 63
— von *Neodiprion sertifer*, Ausbreitungsweg 47
— — — —,Larvensterblichkeit (Abb.) 67
— — — —,Toleranz gegen 38
Polyembryonalparasitismus 115
Polyembryonie von *Copidosoma cidariae* (Abb.) 147
—,Ernährungsabhängigkeit 146
— bei Hymenopteren 115
—,Wirksamkeit der Parasiten mit 158
Polyphagie der Entomophagen 159—160

Polythienylen 260
Popillia japonica s. a. Japankäfer
— —,Ansiedlungsversuche von Entomophagen gegen 197
— —,*Bacillus popilliae*-Symptome 40
— —,bakterielle Krankheitserreger und Kultur 82
— —,Bakteriose, Dauerwirkung 45
— —,Bekämpfung in USA 6
— —,— durch *Bacillus lentimorbus* 86, 87
— —,— — *Bacillus popilliae* 86, 87
— —,Konkurrenz der Parasiten von 181
— —,milky disease, Sporenausbringung mit Kunstdünger 52
— —,parasitiert von *Hyperecteina aldrichi* 195
— —,— — *Neoaplectana glaseri* 258
— —,— — *Tiphia* spp. 195
— —,— — *Tiphia popilliavora* 140, 180
— —,— — *Tiphia vernalis* 186
Populationen, Aussterben und Ursachen 29, 31
—,Begrenzung durch verschiedene Faktoren 25, 27, 28, (Schema) 28, 29
— von Entomophagen, experimentelle 137
—,Gleichgewicht 23—31
—,Mortalitätsfaktoren, Veränderlichkeit 29
— der Schädlinge, Beeinflussung 18, 19
—,schematische Darstellung von Beziehungen zur Umwelt 23
Populationsdichte, Änderungen 20, 30, 31
—,Begrenzungsfaktoren 24
—,Beziehung zu Feindvermehrung 26
—-Schwankungen bei Vielfalt einer Biozönose 30, 31
Populationsdynamik 19—23
—,Begriff 19
—,Einfluß biotischer Faktoren 22
—,endogene und exogene Faktoren 22
—,Fluktuationen 19
—,Konkurrenz, intraspezifische 22
—,Oszillationen 19
—,räumliche Begrenzung 22
—,räumlicher Ablauf der Häufigkeitsänderungen 20, 21
—,Ursachen der Dichteschwankungen 21—23
—,zeitlicher Ablauf der Häufigkeitsänderungen 19, 20
Populationsdynamische Faktoren, Zusammenspiel der (Schema) 23
Populationswellen, Ansatzpunkte für Selektion 49
Porthetria dispar syn. *Lymantria dispar*
postmortale Veränderungen bei Insekten 41
potato tuberworm s. *Gnorimoschema operculella*
Pou de San José s. *Aspidiotus perniciosus*
Prädatoren s. a. Räuber, Entomophagen, Episiten
—,Ablehnung und Annahme der Beute 131
— unter Arthropoden, Grundlagen 112—116
—,Definition 112, 113
—,Klima und Witterung 149
—,Nahrung 143—145
—,oligophage und spezifische 131
— oder Parasiten, Überlegenheit von 156—157
—,Sammlung im Freiland 230
—, Suchfähigkeit 125
Präzipitintest 239
Pratylenchus, Tagetes gegen 260
predators s. a. Räuber 112
pre-imaginal conditioning von Parasiten 141
prickly pear s. *Opuntia* spp.
Primärparasitismus, Begriff 122
Pristiphora abietina, Ameisen Räuber von 143
— —,Zeitwahl für Insektizide gegen 212
— *erichsonii*, Abwehrbereitschaft gegen *Mesoleius tenthredinis* 142
— —,*Bacillus cereus*-Anfälligkeit 86
— —,*Bacillus thuringiensis*-anfällig 84
— —,Bekämpfung durch *Mesoleius tenthredinis* 6, 142, 172, 200
— —,parasitiert von *Bessa harveyi* 142
Probeentnahmen, sukzessive 238
Procecidochares utilis, parasitiert von *Diachasma tryoni* 298
— — gegen *Eupatorium adenophorum* (Abb.) 284, 287, 288, 298
Proctotrupoidea, Ei-Larven-Parasiten bei 114
—,typische Parasiten 113
Prodenia litura, Bekämpfung durch Kernpolyedrose 66
— —,frißt *Microplitis demolitor* 141
Produktion, industrielle, von Bakterien 82
Produktionskosten mikrobiologischer Verfahren 54
Promecotheca nuciferae, parasitiert von *Pleurotropis parvulus* 182
— *reichei*, Bekämpfung durch *Pleurotropis parvulus* 139, 179, 182, 200
proovigene Schlupfwespen 152
Prophylaxe, Begriff 2
Prophylea spp., Beutesuche 129
Prospaltella spp., Verwendung gegen *Aleurocanthus woglumi* 200
— sp., gelegentlicher Parasit von *Aonidiella aurantii* 134
— *berlesei*, Verwendung gegen *Pseudaulacaspis pentagona* 199
— *clypealis* gegen *Aleurocanthus woglumi* 162, 200
— *perniciosi*, Abfangen in Zucht 221
— —,geschlechtliche und ungeschlechtliche Fortpflanzung 155
— —,Rassen von 180
— — gegen San José-Schildlaus, Umsiedlung 227
— —,Unterschiede der Geschlechter 124
Protein der Polyeder, fehlende Infektiosität 58
Protektion, Begriff 2
Protoparce quinquemaculata, Bekämpfung durch *Bacillus thuringiensis* 85
— *sexta*, Bekämpfung durch *Bacillus thuringiensis* 85
— —,Fraßpflanze und Parasitierung durch *Apanteles congregatus* 132

Protozoen, insektenpathogene, Typen 72
—,—,Verwendung 72—78
Provokationen bei latenten Infektionen 39
— latenter Infektionen bei Insekten durch Umweltfaktoren 38
— latenter Virosen 39, 40, 62
—,Ursache für Wiederkehr von Epizootien 48
Prozesse, statt Faktoren, in Populationsdynamik 21
Prüfung industriell vermehrter Mikroorganismen 52
Pseudalethia unipuncta, Bekämpfung durch Granuloviren 68
— —,Bekämpfung durch Polyeder 68
— —,Synergismus von Viren 40
— —,Virus an, Typenübersicht 59
Pseudaphycus malinus, Verwendung gegen *Pseudococcus comstocki* 199
Pseudaulacapsis pentagona, Bekämpfung durch *Prospaltella berlesei* 199
Pseudococcidae, Bekämpfung durch *Cryptolaemus montrouzieri* 149, 199, 212, 215, 231
—,— — *Leptomastidea abnormis* 199
Pseudococcus spp., Bekämpfung im Gewächshaus 237
— —,— durch *Leptomastix dactylopii* 231
— —,*Cryptolaemus montrouzieri*-Zucht an 217
— —,Massenzucht 215, 218
— —,Pflanzenschutzmittel-Wahl gegen 211
— *adonidum*, parasitiert von *Tetracnemus pretiosus* 120
— —,Zuchtsubstrat für 218
— —,Bekämpfung durch *Anagyrus kivuensis* 237
— —,— — *Cryptolaemus montrouzieri* 199, 231, 237
— —,— — *Chrysopa plorabunda* 237
— —,— — *Exochomus flaviceps* 237
— —,— — *Leptomastidea abnormis* 199, 237
— —,— — *Leptomastix dactylopii* 237
— —,*Coccophagus pseudococci* Parasit von 135
— —,gefördert von *Iridomyrmex humilis* 214
— —,Massenzucht 215
— —,Parasiten von, durch Ameisen gestört 120
— —,parasitiert von *Leptomastix dactylopii* 130, 132
— —,— wenn gemeinsam mit *P. maritimus* 135
— *comstocki*, Bekämpfung durch *Allotropa burrelli* 199
— —,— — *Clausenia purpurea* 199
— —,— — *Pseudaphycus malinus* 199
— *gahani*, Anreicherung für *Cryptolaemus montrouzieri* 234
— —,Bekämpfung durch *Coccophagus gurneyi* 199, 231
— —,— — *Cryptolaemus montrouzieri* 231
— —,— — *Tetracnemus pretiosus* 120, 199, 231
— —,Eientwicklung 124
— *maritimus*, beeinflußt Parasitierung von *P. citri* 135
— —,Bekämpfung durch *Chrysopa plorabunda* 231
— —,— im Gewächshaus 237
Pseudomonadales, insektenpathogene Bakterien der 79
—,Verwendung 82—83
Pseudomonas sp., Lebensdauer 82
— —,Nährböden 81
— *aeruginosa*, Verwendung gegen *Melanoplus* sp. 82
— *chlororaphis*, Verwendung gegen *Cacoecia crataegana* 82
— *punctata ascitae* an Karpfen, Bekämpfung durch Bakteriophagen 111
— *reptilivora*, Verwendung gegen *Cacoecia crataegana* 82
Pseudomoratorvirus in Typenübersicht für Viren 59
Pseudosarcophaga affinis, Parasit von *Choristoneura fumiferana* 143
— —,synthetische Nährmedien für 143
Pseudotheraptus wayi, *Oecophylla longinoda* Räuber von 119, 203
— —,gefördert von *Anoplolepis longipes* 119
— —,selektives DDT-Präparat gegen 210
Psylla mali, Bekämpfung durch *Entomophthora sphaerosperma* mit künstlicher Verbreitung 95
Psyllidae, Verzeichnis der *Itonididae* als Feinde von 176
Psylloidea s. Blattflöhe
Pterochlorus exsiccator syn. *Schizodryobius pallipes*
Pterocomma salicis durch *Formica rufa* geschützt 120
Pteromalidae, Larven-Ernährung 146
—,typische Parasiten 113
Pteromalus puparum, Verwendung gegen *Pieris rapae* 200
Ptychomyia remota, erfolgreiche Einfuhr auf Fidschi-Inseln 181
— —,Parasit von *Artona* spp. 127
— —,Verwendung gegen *Levuana iridescens* 127, 181, 200
— —,Umstellung auf neuen Wirt 127
Püngeleria capreolaria, parasitiert von *Copidosoma cidariae* (Abb.) 147
Pullus impexus, Zucht mit *Dreyfusia piceae* (Abb.) 184
— —,Puppen in künstlichem Versteck (Abb.) 184
— —,Räuber von *Dreyfusia piceae* 131
— *suturalis*, Räuber von *Pineus strobi* 131
Pulmonata s. Schnecken
Pulvinaria spp., Bekämpfung durch *Cryptolaemus montrouzieri* 231
punctata-Phagen gegen Bauchwassersucht des Karpfens 111
Punktbehandlung mit Pflanzenschutzmitteln 212
purple scale s. *Lepidosaphes beckii*

Purshia tridentata, Malacosoma fragile an 66
Puten gegen *Cleonus punctiventris* 280
Pyralidae, Bekämpfung im Gewächshaus 237
—,selektive Pflanzenschutzmittel gegen 211
Pyrausta nubilalis, Ansiedlungsversuche von Entomophagen gegen 6, 197
— —,Bekämpfung durch *Bacillus thuringiensis* 84, 85
— —,— — *Beauveria tenella* 95
— —,— — *Glugea pyraustae* 77
— —,— — *Trichogramma* 232
— —,Entwicklung von *Aplomyia caesar* in 139
— —,Feindinsekten von 161, 176
— —,Mikrosporidien-Übertragung durch das Ei 76
— —,Mykosen von Mikroklima abhängig 93
— —,parasitiert von *Chelonus annulipes* 195
— —,Sammeln der Parasiten von 184
— —,Versand im Larvenstadium 188
Pyrophyllit schädlich für insektenpathogene Pilze 96
Pythium an Senfsamen, Bekämpfung durch *Penicillium* sp. 110
— — —,— — *Trichoderma viride* 110
— *debaryanum*, Bekämpfung durch *Streptomyces*-Stämme 110
— *ultimum, Trichoderma* und *Penicillium* bei Fungizid-Anwendung gegen 111

Quadraspidiotus perniciosus syn. *Aspidiotus perniciosus*
— — s. San José-Schildlaus
Quarantäne-Dienst, USA 5
— bei Einfuhr von Unkrautfeinden 290
— -Einrichtungen, in USA 8
— bei Entomophagen-Einfuhr 190, 191, 192
— -Insektarium (Abb.) 192
Quaylea whittieri, Sekundärparasit von Schildläusen über *Aphycus lounsburyi* 194
— —,unbeabsichtigte Einfuhr 194
Quercus s. Eiche

rabbit s. Kaninchen
Radieschen, *Agrotis segetum* an, Bekämpfung 100
Radioaktive Stoffe, Verwendung 18, 239
— Verbindungen zur Markierung 131
ragwort s. *Senecio jacobaea* 284
random searching = ungerichtetes Suchen, 25
Raphanus radicola s. Radieschen
Rapsweißling s. *Pieris rapae*
Rasen, *Popillia japonica*-Bekämpfung in 87
Rassen von Entomophagen, Selektion 222—225
— von Parasiten-Arten 180
Ratinin gegen Ratten 104
Ratin-Präparat 104, 105
Ratten, Bekämpfung durch *Salmonella enteritidis* kombiniert mit *Scilla*-Extrakt 104
—,*Mungo* gegen 279
Rattus s. Ratten
— *norvegicus* s. Wanderratte
Raubfliegen s. *Asilidae*
Raubmilben, Nahrungsquellen 144
—,spezifische Beutewahl 131
Raubwanzen s. a. *Cyrtorhinus mundulus, Rhinocoris* spp., *Perillus bioculatus*
—,Lockpflanzen für 203
—,Nahrung 144
Räuber s. a. Entomophagen, Prädatoren
— bei Arthropoden, Wirkung 238
—,Begriff 22, 112, 113
—,Beutesuche 129
—,Dichte und Beutedichte 144—145, 163
—,oligophage, Wirksamkeit 159
— und Parasiten, Übergangsformen 113
—,Stadium der Freilassung 196
— als Verbreiter von Krankheitserregern 47
—,Verzeichnisse 176
Räumlicher Ablauf der Häufigkeitsänderungen 20—21
Raupenfliegen s. *Tachinidae*
Reaktion, funktionelle und zahlenmäßige, der Feinde 29
Reaktionsnorm einer Art 22
real mortality von Schadinsekten 160, 239
Reblaus s. a. *Viteus vitifolii* 4
recovery collections von Entomophagen 197
red scale s. *Aonidiella aurantii*
red squirrel s. *Tamiasciurus hudsonicus* 271
red wax scale s. *Ceroplastes rubens*
Refugien für Nützlinge 213
Regulationsfähigkeit in Kulturlandschaften 301
Reis, *Chilo simplex* an 231
—,Schädlinge, Spezialinstitut in Indien 11
Rentabilität biologischer Bekämpfung 296, 297
Repellents, Verwendung 213
Reptilien, Verwendung 264
Resistenz von Insekten gegen Krankheitserreger 37, 38
— — — — Mikrosporidien 73—74
— — — — Parasiten *(Mesoleius tenthredinis)* 142
— — — — Pflanzenschutzmittel 206
— — — — Pilze 93
— — — — Viren 62—63
— der Schädlinge, fehlende, gegen Krankheitserreger 53
— -Züchtung von Pflanzen, Grenzfall biol. Bekämpfung 17
Reste von Entomophagen-Tätigkeit (Erfolgskontrolle) 238
restraint der Parasiten 116, 130
resurgences 205
Retrogradation und Toleranz 43
Rezeptoren für Viren bei Insekten 37

Rhabdoscelus obscurus an Palmen und Zuckerrohr 128
— —,parasitiert von *Microceromasia sphenophori* 128
Rhagoletis cerasi, Zeitwahl für Insektizide gegen 212
Rhinocoris annulatus, verbreitet Polyeder von *Neodiprion sertifer* 47, (Abb.) 47
— — *an Neodiprion sertifer*-Larve (Abb.) 47
Rhizoctonia solani, Bekämpfung *durch Streptomyces*-Stämme 110
— —,— — *Trichoderma lignorum* 110
Rhus laurina, Saissetia oleae an 121
Rhyacionia buoliana, gezielte Insektizidanwendung gegen 213
— —,hyperparasitiert von *Perilampus tristis* 123
Rhyssa-Larven, Verpackung 188
— *persuasoria*, Parasit von *Sirex* spp. 178
— —,Sammeln von 178
Ribonukleinsäure in Viren 57, 59
Rickettsien 64
Rickettsienkrankheiten an *Melolontha* sp. 55
— an *Tipula paludosa* 55
— bei *Melolontha*, Diagnose 40
— — —,Inkubationszeit 39
Rindenläuse s. *Lachnidae*
Rindergallen-Bengalrosa-Agar für Isolierung insektenpathogener Pilze 94
Ringelspinner s. a. *Malacosoma neustria* 74, 95
Ripersia spp., Bekämpfung durch *Cryptolaemus montrouzieri* 231
Rivulus santensis gegen *Aedes fasciatus* 263
Robinia pseudacacia, Etiella zinckenella an 204
Rodentia s. Nagetiere
Rodolia cardinalis, Ameisen unwirksam gegen 120
— —,Anzahl bei Ansiedlung 194
— —,internationaler Austausch (Abb.) 132, 226
— — gegen *Icerya purchasi* 4, 5, 120, 149, 157, 162, 179, 181, 199
— —,spezifischer Räuber von *Icerya purchasi* 131
— —,Klimaabhängigkeit 149
— —,schonende Spritzpläne für 210
— —,Wirksamkeit 157, 162
Rogas unicolor, Wirtsannahme 130
Röntgenstrahlen zur Förderung der Mutation 223
Rosenschildlaus, Keine oder Weiße s. *Aulacaspis rosae*
Rospin, Verwendung im Insektarium 219
Rotbuche, *Schizodryobius pallipes* an 229
Rotenon, Gefährdung der Fische 264
—,selektive Wirkung 211
Rote Spinne s. *Metatetranychus ulmi*
Rote Waldameise s. a. *Formica rufa*
— —,Gründung neuer Kolonien 228
Rotkehlchen s. *Erithacus rubecula* 47
Rotylenchus, Tagetes gegen 260
Routinespritzungen, Vermeidung von 207
Rubus idaeus s. Himbeere
Rübe, *Agrotis segetum* an 233
—,*Cercospora* an 280
—,*Cleonus punctiventris* an, Bekämpfung 99
Rübenaaskäfer s. *Blitophaga undata* 280
Rübenderbrüßler s. *Cleonus punctiventris*
Rübenlaus, Schwarze s. *Aphis fabae*
Rübenzikade s. *Circulifer tenellus*
Runkelrübe s. Rübe
Rüsselkäfer, Lockstoffe für 213
—,Spechte gegen 272
Ryania gegen *Carpocapsa* 210
—,selektives Insektizid 209, 211
Ryania speciosa, Ryania-Gewinnung aus 209

Saatgutinkrustierung 212
Sabadilla officinalis, Veratrin aus 209
Sabouraud-Dextrose-Agar für Massenkultur von *Entomophthora* sp. 94
Saccharum officinarum s. Zuckerrohr
Sagopalme, Zuchtsubstrat für *Pseudococcus adonidum* 218
—,— — *Saissetia oleae* 218
Saissetia spp., *Coccophagus* spp. an 124
— *hemisphaerica*, Bekämpfung im Gewächshaus 237
— *nigra*, Bekämpfung durch *Cephalosporium coccorum* 100
— —,— — — *lecanii* 100
— *oleae*, Anreicherung für *Aphycus helvolus* 234
— —,Bekämpfung durch *Aphycus helvolus* 181, 199, 204, 222, 231
— —,— — — *lounsburyi* 199
— —,Bestand und Ameisen-Besatz 121
— —,*Coccophagus lycimnia*, unvollständiger Parasitismus von 134
— —,Einfuhrverfahren für Parasiten von 185
— —,Entwicklung von *Coccophagus capensis*-Weibchen in 132
— —,Konkurrenz der Parasiten von 181
— —,Massenzucht 215, 218
— —,parasitiert von *Aphycus helvolus* 120, 121, 162
— —,— — *Coccophagus capensis* 120
— —,— — — *rusti* 120
— —,— — — *trifasciatus* 152
— —,Sammeln der Parasiten von 177
— —,Verstecke für 204
Salat, *Agrotis segetum* an, Bekämpfung 100
Salmonella enteritidis gegen Ratten 104
— — var. *danysz* gegen Nagetiere 104, 105
— *typhi murium* an Nagetieren und Menschen 104
Salsola kali var. *tenuifolia*, Bekämpfung 283
— — — —,*Circulifer tenellus* an 283
Sambucus s. Holunder
Sammeln von Entomophagen 177—178, 183, 187, 230 bis 231, 242

— — — nach Einbürgerungsversuch 197—201
San José-Schildlaus s. a. *Aspidiotus perniciosus*
— —,Arbeitsgruppe für die biol. Bekämpfung (C. I. L. B.) 12
— —,Parasitenzuchten in Deutschland 10
— —,Institut in der Schweiz für 11
Sättigungseffekt bei Räubern 30
Säugetiere, Verwendung 278, 279
Scarabaeidae, Bekämpfung durch *Beauveria tenella* 99
—,Larven, Verpackung 188
Schadarthropoden im Insektarium 219
Schadorganismen, eingeschleppte, klassische biologische Bekämpfung 17
Schädlichkeitsschwelle als Maß für Gradationen 19
Schädlinge, Aussterben und Ursachen 31
—,Bestimmung, vor Einfuhr von Nützlingen 174—175
—,Definition 112
— im Schema der biologischen Schädlingsbekämpfung 16
Schädlingsanreicherung zum Fangen von Entomophagen 177
Schädlingsbekämpfung, überwachte 208
Schädlingsgenerationen, Trennung 179
Schädlingspopulationen, Beeinflussung 18, 19
Schafe gegen *Cercospora* 280
— — Engerlinge 280
— — Feldmaus 280
— — *Leptinotarsa decemlineata* 280
— — Mückenlarven 280
— — *Sclerotinia trifolium* 280
— — Tipuliden 280
Schaffung feindfreier Bereiche für Erfolgskontrolle 241 bis 243
Schema der biologischen Bekämpfung 16
Schematiza cordiae gegen *Cordia macrostachya* 284, 289
— —,Hunger-Test 290
— — an Kohlblättern 290
Schildläuse s. a. *Coccoidea, Aonidiella, Aspidiotus* spp., *Chrysomphalus* spp., *Saissetia* spp., *Pseudaulacaspis*, u. a.
—,Bekämpfung durch Antibiotica 18
—,— — *Aphytis* spp. 233
—,— an *Citrus* 6, 9
—,biologische Abschirmung bei Erfolgskontrolle 242
—,chemische Abschirmung bei Erfolgskontrolle 241
— für Entomophagenzucht 218
—,Honigtau für Prädatoren von 143
—,Mykosen und Wetter 44
—,Spezialinstitute für biol. Bekämpfung in Japan 11
—,Untersuchung der Parasitierung 241
—,Wanderlarven der, phototaktische Konzentration (Abb.) 219
— -Zehrwespen, unvollständiger Parasitismus 134
Schistocerca gregaria, Bekämpfung durch *Cloaca cloacae* var. *acridiorum* 83
— *paranensis*, Bekämpfung durch *Cloaca cloacae* var. *acridiorum* 83
— —,— — „*Coccobacillus acridiorum*“ 7
— *peregrina* syn. *Schistocerca gregaria*
Schistosomatidae, Zwischenwirte 260
Schizaspidia tenuicornis, Eiproduktion 125
— —,Parasit von Ameisen 125
Schizodryobius pallipes, Förderung durch Ameisen 229
— —,Honigspender für *Formica rufa* 143
Schizogonie bei insektenpathogenen Mikrosporidien 73
Schizogregarinen, insektenpathogene Protozoen 72
—,Verwendung 77
„Schlaffsucht“ durch Bakteriosen und Kerpolyedrosen 40
Schlupfwespen s. a. *Aphidiidae; Braconidae; Chalcidoidea; Hymenopteren*, parasitische; *Ichneumonidae*
—,Eierzeugung und Geschlechterverhältnis 140, 151—155
—,ekto-, später entoparasitisch 114
—,Geschlechtsbestimmung 153
—,Konkurrenz gegen Tachinen 117
—,Lebensdauer und Ernährung 147, 148
—,parthenogenetische Fortpflanzung 155
—,Polyembryonie 146
—,proovigene 152
—,synovigene 152
—,typische Parasiten 113
—,Umfüllen in Transportgefäße (Abb.) 189
—,Wirtsspezifität 133
—,Witterungsabhängigkeit 150
Schmarotzer s. a. Parasiten, Definition 112
Schmarotzerfliegen s. *Tachinidae* 113
Schmetterlinge s. *Lepidoptera*
Schmierläuse s. a. *Pseudococcus* spp.
—,chemische Abschirmung bei Erfolgskontrolle 241
—,parasitiert von *Leptomastix dactylopii* 130
Schnecken, *Bacillus pinotii* gegen 260
—,Bekämpfung, biologische 260
—,Verwendung gegen Moos und Baumläuse 4
—,Zwischenwirte für Parasiten 260
Schradan, Dosierung gegen *Brevicoryne brassicae* 209
—,— — *Plutella maculipennis* 209
—,selektive Wirkung 208, 209, 210, 211
Schraubenwurmfliege s. *Callitroga hominivorax*
Schreckstoffe, Verwendung 213
Schutzkolloide für Bakterien 82
Schwärmer s. *Sphingidae* 85
Schwammspinner s. a. *Lymantria dispar*
—,unfruchtbare Nachkommen durch Rassenkreuzung 18
Schwarzakazie s. *Acacia mollisima*
Schwarzwild gegen Insekten 278

Schwebfliegen s. *Syrphidae*
Schwefel schädlich für insektenpathogene Pilze 96
—,unschädlich für Kapselviren 69
—,Vermeidung von 211
Schweine gegen Forleule 280
— — Kiefernblattwespe 280
— — Kiefernspanner 280
Scilla-Extrakt kombiniert mit *Salmonella enteritidis*, gegen Ratten 104
Sclerotinia trifolium, Schafe gegen 280
Scoliidae, Futterpflanzen für 202
Scolothrips sexmaculatus zur Bekämpfung von *Tetranychus pacificus* 219
screwworm-fly s. *Callitroga hominivorax*
Scutellista cyanea, parasitiert von *Quaylea whittieri* 194
— —,räuberisch und parasitisch an Schildläusen 113
Scymnus spp., Feind von *Parlatoria blanchardi* 226
— —,Verfrachtung 226
— *impexus* syn. *Pullus impexus*
— *pallidivestis*, Nährmedium für 220
— *rubromaculatus*, von Ameisen angegriffen 119, 120
Scyphophorus acupunctatus, Unbekämpfbarkeit 298
searching capacity der Entomophagen 125
Seidenspinner s. a. *Bombyx mori*
— -Raupen, Pebrine-kranke, Symptome 40
— —,Befall durch Mikroorganismen 6
Sektion kranker Insekten 42
— der Parasiten-Wirte 239
Sekundärparasiten, direkte 122
—,direkte und ektoparasitische 124
—,direkte und entoparasitische 124
—,indirekte 123
—,indirekte und ektoparasitische 124
Sekundärparasitismus 122, 123
Selbstgewöhnung von Parasiten 141
Selektion besserer Entomophagen-Rassen 222—225
— von resistenten Schädlingsrassen 206
— durch Seuchenausbrüche, Resistenz der Wirtsinsekten 53
—,Teilursache für Epizootien 48, 49
—,verminderte und Anfälligkeit 43
— Virus-resistenter Wirtstiere 63
—,Vorteile durch natürliche Feinde für Beute 29
Semasia diniana syn. *Zeiraphera griseana*
Semiadalia undecimnotata, Sammlung 230
— —,Verwendung gegen *Hypera postica* 230
Senecio jacobaea, Bekämpfung durch *Pegohylemyia jacobaeae* 284
Senf, *Pythium* sp. an, Bekämpfung 110
—,Schädlinge, Untersuchungen in Indien 11
Senn pest s. *Eurygaster integriceps*
Septikämie durch Einwandern von Planonten 75
— durch Mikroorganismen 36
— bei Mikrosporidieninfektion, synergistische Bakterien 40
Septobasidium, insektenpathogen 90
sequence theory of parasitic control 160
serologische Untersuchungen 239
Serphoidea syn. *Proctotrupoidea*
—,Bestimmung 178
—,Fortpflanzung 155
Serratia marcescens, fakultativ pathogen für Insekten 79
— —,Symptome an Insektenlarven 40
Seuchenerreger, Ausbreitungsmöglichkeiten 46
Seuchenwelle, Wirkung auf Wirtspopulation 44
sex differentiation in host relationships 124
Sexava nubila, parasitiert von *Leefmansia bicolor* 198
— —,Parasitierung abhängig von Vegetation 198, 203
Sexualduftstoff 213
Sexualindex s. Geschlechterverhältnis
Sialis sp., ungeeigneter *Trichogramma*-Wirt, Schema (Abb.) 138
Siedlungsdichte der Vögel 268—269
silkworm s. *Bombyx mori*
Sinapis alba s. Senf
Sirex spp., parasitiert von *Rhyssa persuasoria* 178
— *noctilio*, Bekämpfung durch *Rhyssa persuasoria* 178
Sisal, *Scyphophorus acupunctatus* an 298
Sitonia cylindricollis, Verschickung der Feinde von 190
Sitophilus granarius, Bekämpfung durch Antibiotica 18
Sitotroga cerealella, Bekämpfung von *Laemophloeus* an 219
— —,Bekämpfung von *Blattisocius tineivorus* an 219
— — für Entomophagenzucht 218
— —,Massenzucht 215, (Abb.) 219
— —,superparasitiert von *Trichogramma evanescens* 117, 118
— —,Weizen als Zuchtsubstrat für 218
— —,Wirt von *Trichogramma* spp., Versand 187, 215
sleeve cage check method bei Erfolgskontrolle 241
Smithiavirus, in Typenübersicht für Viren 59
sod webworm s. *Crambus bonifatellus* 77
soft scale s. *Coccus hesperidum*
Sojabohnen, Kulturmedium für Bakterien 81
Solanum lycopersicum s. Tomate
— *tuberosum* s. Kartoffel
Solenopsis geminata, Anlockung durch Futterpflanzen 202
— —,Räuber von *Margaronia marinata* 202

Solitärparasitismus 114, 115, 158
Soricidae s. Spitzmäuse
Sorosporella uvella, Phagozytose bei *Noctuidae*-Infektion durch 93
soziale Insekten, positiver crowding Effekt 28, 29
Spalangia sp., Erkennen belegter Wirte 130
— *drosophilae*, Parasit von *Drosophila melanogaster*, Eiablage 116
— —,Erkennen belegter Wirte 131
Sparganotis pilleriana, Bekämpfung durch *Bacillus thuringiensis* 85
Spargelkäfer s. *Crioceris asparagi* 227
Spechte gegen Borkenkäfer 273
— gegen Rüsselkäfer 272
Sperlinge, Turmfalken gegen 280
Spermatophore bei *Macrocentrus ancylivorus* 155
Spezialisierung der Parasiten auf biozönotischen Komplex 129
Spezifität von Entomophagen 30, 124—134, 136, 159, 160
— — —,Definition 126
— bei Erregern von Insektenseuchen 52
— insektenpathogener Mikrosporidien 73—74
— — Viren 62—63
Sphagnum für Verpackung von Entomophagen 188, 189
Sphingidae, an Tabak, Bekämpfung 85
Spicaria, insektenpathogen 90
— *farinosa*, Verwendung gegen *Bupalus piniarius* 100
— — var. *verticilloides* befällt *Clysia ambiguella* 97
— — — — — *Polychrosis botrana* 97
Spilopsyllus cuniculus, Myxomatose-Überträger 107
Spinnen, Einordnung bei Entomophagen 112
Spinnmilben, Zählung 239
Spintherus sp., Räuber von *Hypera variabilis*, Entwicklung 135
Spirochaetales, apathogene für Insekten 79
Spitzmäuse gegen Insekten 278
— meiden parasitierte *Neodiprion sertifer* 119
Sporen der insektenpathogenen Bakterien 79
— -Konzentration von Mikrosporidien, Bestimmung 76
—,Übertragung bei insektenpathogenen Mikrosporidien 76
Springwurmwickler s. *Sparganothis pilleriana*
Spritzen mit Pilzsporen, Netzmittel 95
Spritzplan, modifizierter 210
spruce budworm s. *Choristoneura fumiferana*
Spurensuche bei Parasiten-Tätigkeit 239
squash bug s. *Anasa tristis*
Stabheuschrecke s. *Carausius morosus*
Stadium der Entomophagen bei Freilassung 195—196
Stäubemittel mit insektenpathogenen Bakterien 82
Stäuben mit Pilzsporen 95
Standardisierung von Krankheitserreger-Präparaten 52
Staphylinidae gegen *Lymantria dispar* 4
Star, Einfuhr 266
staubförmige Präparate von Polyedern 69
steady density eines Wirtes 25
Stechginster s. *Ulex europaeus*
—,Bekämpfung 283
Steinernematidae gegen Arthropoden 258
—,Massenzucht 258
—,praktische Verwendung 258, 259
Stephanotis floribunda, *Pseudococcus citri* an 237
Sterblichkeit, augenscheinliche, von Schadinsekten 160
— des Parasiten durch den Wirt verursacht 141
—,Ursache der Populationsdichteschwankungen 21
—,— der, bei Entomophagen 240
Sterilisation von Schädlingen 18
— von Tieren und Verwendung zur Bekämpfung der gleichen Art 18
Stethorus picipes, Räuber von *Metatetranchyus citri* 129
— —,Wirtssuche 129
— *punctillum*, Abhängigkeit von Beutedichte 144
— — gegen *Tetranchychus urticae* im Gewächshaus 237
— —,Räuber von *Metatetranychus ulmi* 144
— —,Rassenkreuzungen 223
Stichproben bei Erfolgskontrolle 238
Stilettfliegen s. *Therevidae*
Stilpnotia salicis, Mikrosporidiosen an, Gewebespezifität 74
Strahlenwirkung, Sterilisation von Schädlingen 18
strawberry leaf roller s. *Ancylis comptana fragariae*
Streckmittel für Bakterien-Präparate 82
— bei Verwendung von Pilzsporen 95
Streptococcus disparis, Nährböden 81
— —,Verwendung gegen *Lymantria dispar* 83
Streptomyces praecox gegen *Streptomyces scabies* 110
— -Stämme gegen *Pythium debaryanum* 110
— — — *Rhizoctonia solani* 110
stress = schädliche Wirkung von Umwelteinflüssen 38
Stressoren bei Bakterieninfektion von Insekten 80
—,Begriff 38
— bei Virusinfektionen 39
— bei latenter Infektion 44
Strongyloides 259
Sturnus vulgaris, Einfuhr 266
Substrat für Wirtszuchten 218
Suchaktivität von Entomophagen 125
Suchfähigkeit der Entomophagen 30, 124—133
— der Parasiten und Populationsdichte 25
— und Spezifität von Entomophagen 124—133
Sumpfschnake s. *Tipula paludosa*

Superinfektion, Ursache für Wiederkehr von Epizootien 48
— durch Virus 39, 40
superparasitism 116
Superparasitismus 116, 118, 130, 131, 155
—,Sterblichkeit der Geschlechter bei 155
supervised pest control 208
Sus scrofa s. Wildschwein und Schwarzwild
susceptibility 134
Sylvilagus sp., Myxomatose an 105—106
Symbionten, fakultative und obligate, an Insekten 79
— in Tieren, Bekämpfung mit Antibiotica 18
Symbiose, Begriff 112
Sympiesis viridula, Biotyp an *Papaipema nebris* 225
Symptome bei Insektenkrankheiten 40—41
Syndrome bei Insektenkrankheiten 40
Synergismus von insektenpathogenen Pilzen und Insektiziden 95
— — Krankheitserregern der Insekten 39—40, 76
synökologisches Optimum 22, 151
synovigene Schlupfwespen 152
Syrphidae (= Syrphiden) s. a. Schwebfliegen
—,Anlockung 183
—,Feinde von *Brevicoryne brassicae* 208
—,Honigtau für 143
—,Nahrung der Imagines 144
—,parasitiert von *Asaphes* sp. 129
—,— — *Lygocerus* sp. 129
—,— — *Pachyneuron* sp. 129
—,Schonung bei Nikotinbegasung 208
—,Suchfähigkeit 125
—,unwirksame Insektizide für 210
—,wichtige Prädatoren 113
Syrphus spp., *Diplazon fissorius* Parasit von 136
— *corollae*, Kopulation in Massenzucht 220
— *ribesii*, Abwehrreaktionen gegen *Diplazon fissorius* 142
Systematik und biologische Bekämpfung 178
systemische Pflanzenschutzmittel, gruppenspezifisch 210
Systox, selektive Wirkung 211

Tabak, *Protoparce quinquemaculata* an, Bekämpfung 85
—,— sexta an 85, 132
Tachine(n) (s. a. *Tachinidae*) s. a. *Phryxe caudata*
—,Entwicklung 135
—,Konkurrenz gegen Schlupfwespen 117
— an *Lymantria monacha*, parasitiert von *Hemipenthes morio* 123
—,Larven-Ernährung 145
—,westpaläarktische, Wirte und Biologie 176
—,Wirtsfindung 127
Tachinidae, Anzahl bei Ansiedlung 194, 195
—,Honigtau für 143
—,Kopulation in Massenzucht 220
—,Nahrungsaufnahme der Imago 148
—,typische Parasiten 113
—,Unterscheidung der Larven 177
Tadarida mexicana, Ansiedlung 278
Tagetes erecta gegen Nematoden 260
— *patula* gegen Nematoden 260
Talpa s. Maulwurf
Tamiasciurus hudsonicus, Feind von *Choristoneura fumiferana* 271
Tanne, *Dreyfusia piceae* an 131
Tannengalläuse s. *Chermesidae*
Tannenläuse und künstliches Versteck für *Pullus impexus* (Abb.) 184
Tannenstammlaus s. *Adelges piceae*, *Dreyfusia piceae*
Tannentriebwickler s. *Choristoneura fumiferana*, *Ch. murinana*
Tanzfliegen s. *Empididae*
Tapeti s. a. Kaninchen 105
Tarichium sp., humanpathogen 96
—,obligate Parasiten für Insekten 91
Tarsonemus pallidus, Bekämpfung durch *Typhlodromus cucumeris* 230
— —,— — — *reticulatus* 230
— —,chemische Abschirmung bei Erfolgskontrolle 241
Tausendfüßler, Riesenkröte gegen 264
Teestrauch, *Helopeltis antonii* an 203
teigne des ruches s. *Galleria mellonella*
Telenomus laeviusculus, Parasit von *Malacosoma neustria* 230
— —,Sammlung 230
— *verticillatus*, Anreicherung von *Dendrolimus pini* für 234
— —,Parasit von *Dendrolimus pini* 230
— —,Verfrachtung 226
Teleonemia scrupulosa, Verwendung gegen *Lantana camara* 284
Temperatur für Entomophagenzucht 219—220
— und Krankheitsentwicklung bei Insekten 44
Tenebrio sp., ungeeigneter Wirt für *Trichogramma*, Schema (Abb.) 138, 139
Tenthredinidae s. a. Blattwespen
Tephritidae, Parasitenzucht aus, gegen Fruchtfliegen 182
Tephrosia, Futterpflanze für *Brachymeria euploeae* 202
TEPP, Empfindlichkeit von Entomophagen 237
Terthienyl 260
Tertiärparasitismus 123, 124
Tetraaethylenpyrophosphat s. TEPP
Tetracampe diprioni, Parasit von *Diprion pini* 135
— —,— — *Neodiprion sertifer* 135
— —,Wirtswechsel 135
Tetracnemus pretiosus, Parasit von *Pseudococcus adonidum* 120
— —,— — *Pseudococcus gahani* 120
— —,Verwendung gegen *Pseudococcus gahani* 199, 231
Tetranitrocarbazol s. Nirosan 209

Tetranychidae, Feindschonende Pflanzenschutzmittel gegen 210
Tetranychus desertorum gegen *Opuntia stricta* 283
— *opuntiae* syn. *T. desertorum*
— — gegen Opuntien 285
— *pacificus*, Bekämpfung im Insektarium 219
— *urticae*, *Bekämpfung* durch *Beauveria bassiana* 99
— —,— im Gewächshaus 237
— —,— durch *Stethorus punctillum* 237
— —,— durch *Typhlodromus longipilus* 237
Tetrastichus, Artbestimmung 178
—,Sexualindex und Außeneinflüsse 155
— *asparagi* gegen *Crioceris asparagi* 227
— *brevistigma gegen* Ulmenblattkäfer 227
— *rapo*, Parasit von *Apanteles rubecula* 186
Thaumatopoea pityocampa syn. *Thaumetopoea pityocampa*
Thaumetopoea pityocampa, Ameisen gegen 228, 229
— —,Arbeitsgruppe für biol. Bekämpfung (C.I.L.B.) 12
— —,Bekämpfung durch *Bacillus thuringiensis* 85
— —,— — Kern- und Zytoplasmapolyeder 66, 69
— —,Größe von *Phryxe caudata* in viruskranken 46, 139
— —,Kern- und Plasmapolyedrose gleichzeitig 63
— —,Zeitpunkt der Parasitierung durch *Phryxe caudata* 211
— *processionea*, Zeitpunkt für Insektizid-Anwendung 211
— —,Zeitpunkt der Parasitierung durch *Carcelia processioneae* 211
Thea s. Teestrauch
— *vigintiduopunctata*, Nährmedium für 220
Thelohania, Erreger von Insektenkrankheiten 72
— *disparis* an Lepidopteren, Gewebespezifität 74
— *hyphantriae*, Entwicklung (Abb.) 73
— — an Lepidopteren, Gewebe-Spezifität 74
— —,Verwendung gegen *Euproctis chrysorrhoea* 77
— —,— — *Hyphantria cunea* 77
— *similis* an *Euproctis chrysorrhoea* 76
— — an Lepidopteren, Gewebespezifität 74
— —,synergistisch für *Nosema lymantriae* 76
— *stilpnotiae* an Lepidopteren, Gewebespezifität 74
Thelytokie bei Schlupfwespen 155
Theorie(n) über natürliches Gleichgewicht von Populationen 23—31
— von Milne, Schema der Populationsbegrenzung 28
— der Parasitenfolge von Fiske 160
Therapie, Begriff 2
Therevidae, Prädatoren als Imagines 144
Therioaphis maculata, Befall durch *Entomophthora* bei Bewässerung 97
— —,Befall durch *Entomophthora*, künstliche Verbreitung 95
— —,Bekämpfung durch *Entomophthora exitialis* 55, 96, 97, 100
— —,Mykose, Dauerwirkung 45
— —,Pflanzenschutzmittel-Wahl gegen 211
— —,Verfrachtung der Schlupfwespen von 226
Thiodan, halbselektive Wirkung 210, 211
Thrips sp., zur Bekämpfung im Insektarium 219
timing 211
Tineola bisselliella, Bekämpfung durch *Nosema* sp. 77
— —,ungeeigneter Wirt für *Trichogramma* 134
Tingidae, Verzeichnis der *Itonididae* als Feinde von 176
Tiphia spp., Anzahl bei Ansiedlung 195
— —,Ernährung 147
— —,Parasit von *Popillia japonica* 195
— —,Sexualindex und Wirt 154
— *matura*, Ernährung 147
— *popilliavora*, Geschlechterverhältnis 140, 154
— —,Parasit von *Popillia japonica* 140, 180
— —,Rassen von 180
— *vernalis*, Anzahl bei Ansiedlung 195
— —,Einfuhrkosten 186
— —,Parasit von *Popillia japonica* 186
— —,Wirksamkeit gegen *Popillia japonica* bei *Bacillus*-Verwendung 87
Tiphiidae, Ansiedlung und Probesammlungen 198
—,Futterpflanzen 202
Tipula spp., Schafe gegen 280
— *paludosa*, Rickettsienkrankheiten 55
— —,TIV-Virus, Symptome 40
— —,Viren an, Typenübersicht 59
— —,Vögel gegen 272
Tischeria sp., parasitiert von *Epilampsis* spp. 128
TIV-Virus, Symptome an *Tipula paludosa* 40
tobacco hornworm s. *Protoparce sexta*
Toleranz-Anstieg bei *Zeiraphera griseana* gegen Granulosevirus 43
— gegen Insektenkrankheiten 37, 38, 43, 53, 74
— von Insekten gegen insektenpathogene Viren 62, 63
— — — gegen Pilzinfektionen 93
—,Ursache für Wiederkehr von Epizootien 49
— -Wechsel einer Wirtsart für Viren 63
Tomate, *Protoparce sexta* an 132
—,überwachte Schädlingsbekämpfung bei 208
tomato hornworm s. *Protoparce quinquemaculata*
Tortriciden, Bekämpfung durch *Trichogramma* 233
—,— — — *pallida* 233
—,Punktbegiftung gegen 212
Tortrix viridana, Bekämpfung durch *Bacillus thuringiensis* 86
— —,Feindkomplex von 161

Tortrix viridana, künstliche Inkoinzidenz, gegen 213
— —,parasitiert von *Apechthis rufata* 128
— —,Vögel gegen 271, 273
Toumeyella numismaticum, Bekämpfung durch *Hyperaspis signata* 226
Toxaphen, Gefährdung der Fische 264
toxikologische Prüfung von *Bacillus thuringiensis* 84
Toxin-Produktion insektenpathogener Bakterien 80
Toxine bei Mykosen 91
Toxizität der Pflanzenschutzmittel für Arthropoden 209
Trägerstoffe für Bakterien-Mittel 82, 84, 87
— — Pilzsporen 99, 100
Transportkoffer und Transportgefäße für Entomophagen (Abb.) 189
Traubenwickler, Bekreuzter s. *Polychrosis botrana*
Traubenwickler, Einbindiger s. *Clysia ambiguella*
Trauerschnäpper, Verfrachtung 266
Trematodes, Zwischenwirte 260
Trennung der einzelnen Schädlingsgenerationen 135, 179
Trialeurodes vaporariorum, Bekämpfung durch *Encarsia formosa* 235, 236
— —,*Encarsia formosa* Parasit von 136, 151, 236
Triaspis, Versand der Kokons von 188
Trichoderma gegen phytopathogene Pilze 110, 111
— *lignorum* gegen *Rhizoctonia solani* 110
— *viride*, Fungizid-Resistenz 111
— — gegen *Armillaria mellea* 111
— — — *Pythium* sp. 110, 111
Trichogramma sp. gegen *Clysia ambiguella* 232
— — — *Polychrosis botrana* 232
— spp., Ablehnung von Wirtseiern 139
— —,angeborenes Wirts-Schema 130
— —,Anreicherung von Lepidopteren für 234
— —,Aussetzung im Puppenstadium 195
— —,Beispiele für Verwendung 232, 233
— —,Drehregal für Massenzucht (Abb.) 221
— —,Empfindlichkeit für Insektizide 210
— —,Entwicklung in *Acanthoscelides obtectus* 139
— —,Erfolgskontrolle 240
— —,Erkennen belegter Wirte 130
— —,Fruchtbarkeit 216
— — gegen *Barathra brassicae* 233
— — — *Carpocapsa pomonella* 232
— — — *Dendrolimus pini* 233
— — — *Lepidoptera* 233
— — — *Pieris brassicae* 233
— — — *Pyrausta nubilalis* 232, 233
— — — Tortriciden 233
— —,Geruchsorientierung 129
— —,Größe 139
— —,Größe der Wirtseier 140
— —,Körperbau-Änderungen 140
— —,Lebensdauer und Ernährung 146, 147
— —,Massenzucht 215, 218, 220, 221
— —,Parasit von *Argynnis* 139
— —,— — *Pieris* 139
— —,— — *Sitotroga cerealella* 187
— —,— — *Tenebrio molitor* 139
— —,— — *Tineola bisselliella* 134
— —,von *Pieris* spp. gefressen 141
— —,periodische Freilassung von 230, 232
— —,Sexualindex 154, 155
— —,Spezifität 126
— —,Suchfähigkeit 125
— —,veränderte Laufaktivität 141
— —,Versand im Eistadium 187, (Abb.) 188
— —,Wirtswahl abhängig von Fraßpflanze 128
— — Zucht, Wirtschaftlichkeit 300
— *cacoeciae*, Biotopeinstellung 128
— —,*Cimex lectularius* ungeeigneter Wirt für 137
— —,Parasit von *Cacoecia rosana* 136
— —,wirtsabhängige Generationenzahl 136
— *embryophagum* syn. *T. pini* Biotopeinstellung 128
— — gegen *Dendrolimus pini* 226
— — — — *sibiricus* 226
— — — *Panolis flammea* 232
— —,polyvoltiner Parasit 126
— —,Verfrachtung 226
— — *cacoeciae* syn. *Trichogramma cacoeciae*
— *evanescens*, Abhängigkeit von Klimafaktoren 150
— —,Annahme von *Acanthoscelides obtectus* 140
— —,Biotopeinstellung 128
— — gegen *Agrotis segetum* 233
— — — *Barathra brassicae* 233
— —,Gewöhnungserfolge 140, 141
— —,Passage durch *Cimex*-Eier 141
— —,Schema für vollständigen und unvollständigen Parasitismus (Abb.) 138
— —,Superparasitismus an *Sitotroga cerealella* 117, 118
— —,Unterscheidung belegter Wirte 130
— —,Zucht in *Arctia caja* 141
— *japonicum* aus superparasitierten Wirten 116
— *lutea*, Verteilung der Wirte und Parasitierung 136
— *minutum* syn. *T. pallida* Auslesezucht 224
— — gegen *Carpocapsa pomonella* 233
— — — *Clysia ambiguella* 232
— — — *Diatraea saccharalis* 232
— — — *Nematus ribesii* 232
— — — *Panolis flammea* 232
— — — *Polychrosis botrana* 232
— —,Massenzucht 222

— —,Überschwemmungsmethode mit 233
— *pallida*, Biotopeinstellung 128
— — gegen *Carpocapsa pomonella* 226
— — — Tortriciden 233
— —,Verfrachtung 226
— *pini*, Parasit von *Dendrolimus pini* 230
— —,Sammlung 230
— *semblidis*, Biotopeinstellung 128
— — an Eiern von *Arctia caja* (Abb.) 140
— —,Körperbau-Änderungen 140
— —,mechanisch unvollständiger Parasitismus von 137
— —,Parasit von *Cimex lectularius* 137
Trichogrammatidae, typische Parasiten 113
Trichoplusia ni, Bekämpfung durch *Bacillus thuringiensis* 85
— —,— — Kernpolyedrose 66
Trichopoda pennipes, Parasit von *Anasa tristis* 226
— —,Verfrachtung 226
Trithion-Empfindlichkeit von *Entomophthora* sp. 96
Triticum aestivum s. Weizen
Triton B, Netzmittel 68, 85
Trophamnion 132, 146
tropische Schädlinge, biologische Bekämpfung von, in Portugal 11
Tsetse-Fliege, unfruchtbare Nachkommen 18
Turdus merula, Einfuhr 266
Turmfalken gegen Sperlinge 280
turnover bei Massenzucht 216
Turtur chinensis, Schaden 266
two-spotted lady beetle s. *Adalia bipunctata*
Tylenchida gegen Nematoden 258
—,Zuchtversuche 258
Tylenchorhynchus, *Tagetes* gegen 260
Typen der biologischen Bekämpfung 15—17
Typhlodromidae, Empfindlichkeit gegen Akarizide 210
Typhlodromus spp., Abhängigkeit von Beutedichte 144
— —,Räuber von *Metatetranychus ulmi* 144
— *cucumeris*, Sammlung 230
— —,Verwendung gegen *Tarsonemus pallidus* 230, 237
— *reticulatus*, Sammlung 230
— —,Verwendung gegen *Tarsonemus pallidus* 230
— *tineivorus* syn. *Blattisocius tineivorus*
Tyria jacobaeae gegen Jakobs-Kreuzkraut 291
Tyroglyphus phylloxerae gegen *Viteus vitifolii* 4

Überbelegung durch Parasiten vermieden 130
Überlegenheit von Prädatoren oder Parasiten 156, 157
Überschwemmungsmethode 158, 229, 232—234
— mit Nematoden 258
Übertragung der Erreger bei hoher Wirtsdichte 43
— insektenpathogener Mikrosporidien 76
— von Parasiten aus anderen Wirten 182—183
Übervermehrungen, seltene 27
Übervölkerung, Grenzen der 27
Ulex europaeus, Bekämpfung durch *Apion ulicis* 284, 288
Ulmenblattkäfer s. *Galerucella luteola*
Umsetzen von Entomophagen-Imagines 220—222
Umsiedlung importierter Entomophagen 226, 227
— von Nutzarthropoden, Artwahl 178—180
Umweltfaktoren, Einfluß auf Entomophagen 133—155
—,Einfluß auf Populationsdynamik 21, 22, 25
Uncaria gambir s. Gambir
Unempfindlichkeit des Wirtes, Pathogenität von Mikroorganismen 36
Ungefährlichkeit der biologischen Bekämpfung 52
Unkraut, Art der Beschädigung durch Tiere 286 bis 288
Unkrautbekämpfung, Beispiele 283—286
—,biologische 15, 16, 281 bis 294
—,Erfolgskontrolle 291—292
—,Kartierungen 291
—,praktische Durchführung 288—292
—,Quarantäneverfahren 290, 291
—,Suche nach Feinden 288, 289
—,Versandtechnik 290—291
—,Wahl einzuführender Feinde 289
Unkräuter, natürliche Feinde der 283
—,Nutzen und Schaden 282
—,Schaden und Aussichten biol. Verfahren 282—283
Unkrautfeinde, Hunger-Test 290
—,Massenzucht und Freilassung 291
—,Nahrungswahl 289
—,Spezifitätsprüfung 289, 290
Unterscheidung belegter Wirte durch Parasiten 130, 131
Untersuchungen kranker Insekten, Einsendungen 41, 42
unvollkommen dichteabhängige Faktoren für Population 27, 28
Urophora jaceana, Versuch mathematischer Erfassung von Populationsschwankungen 25
UV-Bestrahlung zur Auslese virulenter Stämme von *Beauveria bassiana* 92

Variabilität der Erregereigenschaften, Ursache für Seuchenablauf 48
Variabler Ausgangsstamm bei Entomophagen - Selektion 223
vedalia s. *Rodolia cardinalis*
Veratrin, selektiv gegen *Panolis flammea* 209
ver à soie s. *Bombyx mori*

Verbreitung von Erregern durch verschiedene Tiere 47
— insektenpathogener Bakterien 81
— — Mikrosporidien 75—76
— — Viren 64
—,künstliche, von Pilzseuchen für Insekten 95
Verbreitungsgebiet von Schädlingen, potentielles und effektives 20
Verfahren beim Empfang von Entomophagen 193, 194
— kombinierter biologischer und technischer Bekämpfung 206—214
— der Zuchtauslese bei Entomophagen 223—224
Verfärben kranker Insekten 40
Verfrachtung von Ameisen 227—228
— einheimischer Entomophagen gegen eingeschleppte Schädlinge 227
— von Entomophagen 225 bis 229
— — —,Nachteile 229
— neu eingeführter Nützlingsarten 226
Vergleich insektizid-behandelter und unbehandelter Flächen 242
— künstlicher Zonen mit und ohne Entomophagen 240 bis 243
— natürlicher Zonen mit und ohne Entomophagen 240
Verhalten, Faktor in der Populationsdynamik 22
Vermehrung insektenpathogener Bakterien 81, 82
— — Mikrosporidien 72—73
Vermeidung von Routinespritzungen 207—208
Verpackungs- und Versandmethoden für Entomophagen 187—190
Versand von Entomophagen aus entfernten Gebieten 174—190
— — — im Eistadium 187
— — — — Imaginalstadium 189—190
— — — — Larvenstadium 188
— — — — Puppen- bzw. Kokonstadium 188—189
Verstecke für Entomophagen 203
Versuche mit Entomophagen, Erfolgskontrolle 239—243
Vertebrata s. a. Wirbeltiere, Verwendung von 262 bis 281
Verticillium-Welke, Bekämpfung durch Actinomyceten 110
Vertilgerkreis, künstlicher 172
Verunreinigungen durch Insektenkadaver 54
Verwendung einheimischer Entomophagen, Einleitung 171—173
— — —,Vorschläge zur 172
— — und importierter Entomophagen 201—237
— importierter Entomophagen 173—201
— von anderen Evertebraten und Sonderfälle 258—262
Verzeichnisse von Entomophagen 176
Vespoidea, Parasiten 113
via ovo infizierte Nachkommen von *Diprion hercyniae* 45
Viren (Virosen) s. a. Granulaviren, Granulosen, Kapselviren, Kernpolyeder, Plasmapolyeder, Polyeder, Zytoplasmapolyeder, TIV-Virus
—,Abwehrmechanismus bei Insekten gegen 38
—,Aufbau und Vermehrung 57—61
—,Aufwandmengen bei praktischem Einsatz 65
— -Ausbreitung, germinative bei Insekten 46
— bei *Drosophila*, integrierte 39
—,Einschlußkörper für 57
—,Entstehungsort 59
—,Färbemethoden zur Diagnose 64
—,Form und Größe, in Typenübersicht für Viren 57, 59
—,Gewebespezifität 59, 63
—,Infektion, perorale 62
—,Infektionen, Stressoren bei 39
—,Kreuzinfektionen mit 62, 63
—,künstliche Verbreitung 64, 65
—,Massenproduktion 64—65
—,Nukleinsäuren der, Typenübersicht 59
—,praktische Nutzung 51, 65—72
—,Resistenz gegen 62—63
—,Rezeptoren bei Insekten 37
—,Spezifität 62—63
—,Stäbchen von *Aporia crataegi* (Abb.) 61
—,stäbchenförmige von *Choristoneura murinana* (Abb.) 60
—,Superinfektion mit 39
—,synergistische Wirkung 40
—,Toleranz von Insekten gegen 62—63
—,Typen von 57, 59
—,Vermehrung 58
—,verschiedene in einem Tier 63
—,Verwendung gegen Insekten 7, 57—72
—,— — Wirbeltiere 105 bis 108
—,zytoplasmatische, Bau 60
Virosen, Diagnose 63—64
—,Gradationszusammenbruch verursachend 44
—,latente, Provokationen 39, 40, 62
—,verstärkt durch Bakterien 40
Virulenz insektenpathogener Pilzarten 92
— eines Mikroorganismus, Begriff 36
Virulenzänderung von Bakterien 80, 81
Virulenzverlust insektenpathogener Bakterien 81
„Virus Danysz" gegen Nagetiere 104, 105
Vitis vinifera s. Weinrebe
Vögel, Abschirmung gegen, bei Erfolgskontrolle 271
—,Änderung im Verhalten 271
—,Bestand 271
—,Einfuhr fremder Arten 266
—,Förderung und Vermehrung 266—268
— gegen *Ernarmonia conicolana* 273
— — Frostspanner-Arten 273
— — Heuschrecken 267
— — *Hyphantria cunea* 273
— — Kiefernspanner 273
— — *Tortrix viridana* 273
—,Mortalitätsursache für Schädlinge 272—274

—,regulatorisches Wirken 270
— selektionieren melanistische Schmetterlings - Mutanten 274
—,Steigerung der Siedlungsdichte 268—269
—,Verluste durch Insektizide 269
—,Verwendung zur biologischen Bekämpfung 266 bis 278
—,wirtschaftliche Bedeutung 269—272
Vogelschutz 267
Vogeltätigkeit, Beurteilung 270
Vogelwirkung, dichteabhängige 273
Vorratsschädlinge, Bekämpfung durch Antibiotica 18
Vorsichtsmaßnahmen beim Empfang von Entomophagen 190

Wachsmotte, Große s. *Galleria mellonella*
Wahl der geeigneten Art bei Umsiedlung von Nutzarthropoden 178—180
— der Pflanzenschutzmittel 209—212
Waldameise, Rote s. *Formica rufa*
Waldmäuse, pathogene Bakterien an 104
Walnuß, *Carpocapsa pomonella* an 233, 289
Wanderfalken, Verwendung 280
Wanderheuschrecke, Südamerikanische s. *Schistocerca paranensis*
Wanderheuschrecken, Bakteriose: *Cloaca cloacae* var. *acridiorum*, syn. *Coccobacillus acridiorum*, syn. *Aerobacter aerogenes* var. *acridiorum* 36
—,Massenvermehrung, Gründe 31
—,Ortswechsel und Parasitierung 136
—,Wanderung und Dispersionsdynamik 20
Wanderratte, Bakterienpräparate gegen 104
Wanzen s. *Hemiptera*
warbler-Art, Bestandsermittlung 272
Warmblüter-Toxizität von *Bacillus thuringiensis* 84
Wassersucht von *Melolontha*, Symptome 40
wattle bagworm s. *Kotochalia junodi*
Webespinner, amerikanischer s. *Malacosoma disstria*
Wechsel, zeitlicher, bei Massenzucht 216
Weibchenanteil und Fertilität einer Population 21
Weidenspinner s. *Stilpnotia salicis*
Weidenstammblattlaus s. *Pterocomma salicis*
Weinrebe, *Clysia ambiguella* an, Bekämpfung 85, 97
—,*Harrisina brillians* an, Bekämpfung 85
—,*Polychrosis botrana* an, Bekämpfung 85, 97
—,*Sparganothis pilleriana* an, Bekämpfung 85
Weiße Fliege s. *Trialeurodes vaporariorum* 235
Weitergabe der Erreger, germinative und mechanische 47
Weizen, *Eurygaster integriceps* an, Bekämpfung 99, 100
—,*Fusarium graminearum* an, Bekämpfung 110, 111
—,Zuchtsubstrat für *Sitotroga cerealella* 218
Weizengallmücke s. a. *Contarinia tritici*, Parasiten der 4
Weizenhalmwespe s. *Cephus pygmaeus*
Weizenmehl, Haftmittel für Bakterien 85
western grape leaf skeletonizer s. *Harrisina brillians*
western tent caterpillar s. *Malacosoma pluviale*
Weymouthskiefer, *Pineus strobi* an 131
Weymouthskiefern-Wollaus s. *Pineus strobi*
white peach scale s. *Pseudaulacaspis pentagona*
Widerstand der Parasiten gegen Überbelegung 130
Wiederansiedlung, Typ der biologischen Bekämpfung 16, 17
Wiesel gegen Nagetiere 278
Wiesenschnake s. *Tipula paludosa*
Wildkaninchen s. Kaninchen
Wildschweine gegen Kiefern-gespinstblattwespe 278
wilt disease s. Wipfelkrankheit
Wipfelkrankheit, Viruserkrankung von Raupen 7
Wirbeltiere, Bekämpfung durch Viren 105—108
—,Verwendung von 261—281
—,— von Bakterien gegen 104—105
—,— — Mikroorganismen gegen 7, 104—110
Wirksamkeit der Entomophagen 156—163, 237
— des Entomophagen-Komplexes 160—161
— von Entomophagen, Relativität 161—163
Wirkungssteigerung, künstliche, von Pathogenen 55
Wirt, Abhängigkeit des Parasiten von Dichte 136
—,Abwehrreaktionen des Blutes 141—142
—,Anbieten in fremden Faunenbereichen 183
—,Anreicherung 234
— -Beute-Eignung 132—133
—,Eignung für Parasiten abhängig von Nährpflanze 139
—,Einfluß auf Entomophagen 134—142
—,— — Parasiten 139—142
—,— — Sexualindex bei Schlupfwespen 154
—,Empfänglichkeit gegen Parasitierung 134
—,Feindreaktionen auf Dichteänderungen vom 29
—,Fehlleistungen der Parasiten bei Annahme 130
—,Generationenzahl der Parasiten abhängig von 136
—,Immunität 141
— und Parasit, Dichteverhältnis 137
— -Parasit-Verhältnis 25, 134 bis 139
— — — bei *Trichogramma evanescens* 137—139
—,Parasitierung abhängig von Fraßpflanze 128
—,Resistenz 142
—,univoltin, Entwicklung und Parasitierung 135
—,Verteilung im Raum 136
—,Zucht für Parasitenvermehrung 214—222

Wirtsdichte beeinflußt Geschlechterverhältnis von Schlupfwespen 154
—,hohe, Wirkung auf Insektenkrankheiten 43
—,optimale, für Parasiten 136, 137
—,Schwellenwert für Epizootie 45
—,Seuchenausbreitung 43
Wirtsdisposition bei Insektenkrankheiten 37
Wirtspassagen, virulenzsteigernd bei Bakterien 81
Wirts-Schema bei *Trichogramma* 130
Wirtsspezifität 30, 128
Wirtswahl von Parasiten 140, 141
Wirtswechsel, zwangsweiser 135
Wirtszuchten, Substrat für 218
Witterungsabhängigkeit mikrobiologischer Verfahren 54, 55
Witterungsbedingungen bei Freilassung von Entomophagen 196
Witterungseinfluß auf Epizootien 44
Wollspinner s. *Lymantriidae*
woolly apple aphid s. *Eriosoma lanigerum*
Wühlmäuse s. a. *Microtinae*
Wüstenheuschrecke s. *Schistocerca gregaria*

Xanthium spp., *Euaresta aequalis* an 289
Xenocrepis bothynoderis, Bodenbearbeitung und Entwicklung von 204
— —,Parasit von *Cleonus punctiventris* 204
Xylodrepa quadripunctata, Überträger von Mikrosporidiosen 76

yellow scale s. *Aonidiella citrina*
Yucca, Zuchtsubstrat für Diaspidinen 218
— *filipendula*, *Aonidiella aurantii* an 139

Zahl der Individuen bei Ansiedlung von Entomophagen 194—195
Zählung der Prädatoren bei Erfolgskontrolle 238
Zahnkärpflinge gegen Mückenlarven 263
Zea s. Mais
Zehrwespen (Erzwespen) s. a. *Chalcididae*
—,Verwendung im Gewächshaus 236
Zeiraphera griseana, Bekämpfungsversuch mit Kapselviren 68
— —,Feindkomplex von 161
— —,Gradationszusammenbruch durch Granulose 44
— —,*Phytodietus* sp. an 114
— —,Toleranzanstieg gegen Granulosevirus 43
— —,Verhaltensänderung und Feindwirkung auf 162
zeitlich begrenzter Kontakt bei Entomophagenzucht 217
zeitliche Abstimmung biologischer Verfahren 54
Zeitwahl für chemische Bekämpfung 211, 212
Zellkernviren, Unempfindlichkeit anderer Insekten 62
Zeuxidiplosis giardi, Einfuhr gegen *Hypericum perforatum* 284, 290
Ziege, Bekämpfung von *Callitroga hominivorax* an 18
Zierpflanzen, *Icerya purchasi* an, Bekämpfung 100
—,*Saissetia nigra* an, Bekämpfung 100
Ziesel, pathogene Bakterien an 104
Zikaden s. a. *Cicadina*
—,Honigtau für Prädatoren von 143
Zinksulfat, für insektenpathogene Pilze schädlich 96
Zucht von Entomophagen 214—225
Züchten einzuführender Entomophagen 177—178, 185, 186
Zuchtgeräte für Entomophagen 192—193
Zuchtsubstrate für Wirtsinsekten 218
Zuckerrohr, *Diatraea saccharalis* an 203
—,*Earias insulana*, Arbeitsgruppe zur biol. Bekämpfung (C. I. L. B.) 12
—,Institute 9, 11
— -Minierer s. *Diatraea* sp.
—,*Perkinsiella saccharicida* an 5, 128
—,*Rhabdoscelus obscurus* an 128
—,Schädlinge und natürliche Feinde, Verzeichnis 176
—,selektive Spritzmittel gegen Schädlinge 211
—,Tausendfüßler an 264
—,Zikade s. a. *Perkinsiella saccharicida* 5, 128
Zuckerrübe s. Rübe
Zuckerrübeneule s. *Laphygma exigua*
Zukunftsaufgaben der biologischen Bekämpfung 294
Zukunftsaussichten für Verwendung insektenpathogener Pilze 98—101
Zwergmaus, pathogene Bakterien an 104
Zwischenwirte menschlicher und tierischer Parasiten 260—261
— für Parasiten, Bedeutung 135
— von Pilzen, Grenzfall biol. Bekämpfung 17
Zytoplasmapolyeder, Form und Auflösung 58
—,Verwendung gegen *Euproctis chrysorrhoea* 69
—,— gegen *Thaumetopoea pityocampa* 69
Zytoplasmapolyeder-Viren, Einschlußkörper der 57
zytoplasmatische Viren, Bau 60
— —,unspezifische 62

SACHVERZEICHNIS

zur Arbeit KOCH-GOOSSEN, Die technischen Mittel des Pflanzenschutzes

Abgase von Benzinmotoren, Wühlmausbekämpfung 493
Abnutzungskosten, Pflanzenschutzmaßnahmen 465
Absackstutzen bei Feuchtbeizer 332
—,Trockenbeizgeräte 337
Abschreckung von Schädlingen 519, 520
Abschuß, Vogelbekämpfung 511
Abtrift von Flüssigkeitstropfen 448
—,Nachteile 449
— von Spritzbrühe 447, 448, 450, 451
Abtriftgefahr 454
Abtrift-Verluste 451
Abtropfen von Flüssigkeitstropfen 448
—,Nachteile 449
— der Spritzbrühe 447, 450 (Abb.)
Abtropfverluste, Papierkragen (Abb.) 551
Abtropfvorgang, Spritzen 447
„Aco", Schwefler (Abb.) 308
„Aco", Stäuber 308
Acrylnitril, Verpackung 496
adiabatische Expansion 414
Adsorption von Gasen 496, 497
Aero-Barren, Feldsprühgerät 409, 410
Aerosol-Apparate zur Raumvernebelung 415, (Abb.)
Aerosole 415
—,Tröpfchengröße 352
Aggregat, amtliche Prüfung 540
akustische Strahlen im Pflanzen- und Vorratsschutz 528—530
— Vogelscheuchen 520
Amortisation, Pflanzenschutzgeräte 465
Amortisationskosten, Schädlingsbekämpfungsgeräte 460
amtliche Geräteprüfung 538 bis 554
Anbaukonstruktionen für Sprühen im Obstbau 459
Anbaupumpe für Riemenantrieb (Abb.) 393
— am Schlepper (Abb.) 395
Anbauspritze(n) 395
— für Zapfwellenanschluß (Abb.) 393, (Abb.) 394
Anhängegerät(e) für Sprühen im Obstbau 459
—,Sprühgerät 408
Anhängespritzgerät(e) 393 bis 397
— für Obstbau (Abb.) 399
— für Schlepper 397—399
Anhänge-Sprühgerät 408
— - —,Holder (Abb.) 407
Anhänge-Stäubegerät 430, 431
Anwendung von Gasen 491 bis 503
— — Pflanzenschutzmitteln aus der Luft 435—444
Apfelwickler, Fanggürtel (Abb.) 513
Aphidae, Fangen 514
Apium s. Sellerie
Applikationsmethoden im Pflanzenschutz 445
Arbeitsaufwand, Pflanzenschutzmaßnahmen 465
arbeitsaufwendige, arbeitssparende Verfahren 467
Arbeitsbreite von Feldgeräten, Leistungsberechnung 459
Arvicola terrestris s. Wühlmaus
Atemfilter gegen Gase, Schwebstoffe 534
—,verschiedene 535
Atemgifte, Schutz vor 532
Atemschützer 533, (Abb.)
Äthylenoxyd, Absorption 497
—,Schutzfilter 535
—,Verpackung 496
Äthylendichlorid, Verpackung 496
Atomisator s. a. Sprühgeräte 403
atomiseur 403
atomising sprayer 403
Aufbaugerät 393, 394, 408
Aufbauspritze auf Lanz-Alldog (Abb.) 396
— — Schmotzer-Kombi (Abb.) 396
Aufbauspritzgeräte 393—397
Aufbau-Sprühgerät 408
Aufbau-Stäubegeräte 430, 431
Aufsattelspritze mit Dreipunktaufhängung 395, (Abb.) 395
Aufsatzkasten für Dämpfroste 318
Aufschütttrichter, Trockenbeizgeräte 337
Aufwind, Spritztröpfchengröße 448
Augenreiz durch Gase, Dämpfe 532
Ausblaserohre, Stäubegeräte 424
Ausblasestutzen, Stäubegeräte 424
Ausbringmengen bei Feldspritzen (Abb.) 383
Auslegegerät für Kanalisation, Rattenbekämpfung 508
Auslegerohr für Giftgetreide (Abb.) 507
Auslegerohrkonstruktionen, Schlepperspritzen 394
Ausnutzungsgrad bei Dampf 315
Auspuffgase des Flugzeugmotors für Spritzen 440
—,Heißnebeln 412
Ausstoß des Gerätes, Leistungsberechnung 459
Auswurfwalze 337
aviochemische(r) Pflanzenschutz 441
— Schädlingsbekämpfung 439
axiale Staubzuführung, Stäubegeräte 422
Axialgebläse, Anhängesprühgerät 408

Bahnhofsspritzgerät (Abb.) 488
Bambusrohre 305
—,Pflege 537
—,Spritzgeräte 372
Barytkarton, Spritzbild-Bestimmung 543
Batteriespritze(n) 377
—,Bergfüllanlagen 389
—,Ermüdung 406
—,erste 305
—,Füllpumpen 379
—,nach Holder (Abb.) 378
—,Schlauchkupplungen 366
Baumbegasung, Blausäure 494
— mit Calciumcyanid (Abb.) 495
—,Zelt für (Abb.) 493
Baumbestäubung, Stäuberohre 423
Baumdüse, Feldsprühgerät 410
Baumscheren 511
Baumschulware, Begasung 499
Baumspritzen, Entwicklung 305
— aus Gespannspritzen 385
Baumwollschädlinge, Flugzeug-Einsatz 439
Bayrische Wühlmausfalle (Abb.) 515
Bedecken, Frostschutz 521
Begasung 491—503
— im Freien, unter Zelten 495
— in Pflanzenquarantäne 496
— — Warenquarantäne 496
Begasungsanlage(n) zur Entwesung von Getreide und Futtermitteln (Abb.) 500
—,fahrbare, für Getreidespeicher 500
— für Getreide und Futtermittel (Abb.) 501
—,große (Abb.) 504
—,Konstruktion 496
—,Quarantänemaßnahmen 496
Begasungseinrichtungen, fahrbare 499
Begasungsgeräte 491—503
—,Prüfung 553
Begasungskammer(n) 499, 501
—,2 cbm, fahrbare (Abb.) 499
—,20 cbm, fahrbare (Abb.) 498
—,fahrbare, mit Kreislaufeinrichtung 499
Begasungswagen 498, 499
Behandlung der Blattunterseiten 462, 463
— — —,Brüheverteilung (Abb.) 463
— aus der Luft 441
Beizapparat auf Drillmaschine 336
—,mit Wasserdampf 348
Beizdauer bei Trockenbeizung 335
Beizen 323—352
Beizflüssigkeitsmenge, bei Benetzungsbeize 326
Beizgeräte, Geschichtliches 303
—,Prüfung 552—553
—,Typen von unterbrochen arbeitenden (Abb.) 335
—,ununterbrochen arbeitende, Prüfung 553
Beizgrad, Feststellung 552, 553
Beizlösungskonzentration 349
Beizmittelbehälter 338
Beizmitteldosierung 337, 338
—,Benetzungsbeize 326
— bei Feuchtbeizer 331
—,Kurznaßbeizung 326
Beizmitteldosierungseinrichtung (Abb.) 328
Beizmitteldosierungsgerät 341
Beizmitteleinstellung 339
Beizmittelwaage 340, 341
—,schematisch, nach Neusaat (Abb.) 339
—,—,— Röber (Abb.) 340
Beizmittelzuführer 337
— nach Friedrichs 338
— — Hoffmann und Belton 338
— — Korotkich 338
Beizmittelzusatz zum Beizbad 349
Beizpulverwaage 339
Beizsack 335
Beiztrommel, Umdrehungszahl 330
Beizung, Begriff 323
—,Geschichtliches 303
Beizverfahren 323
—,kombinierte 348
Beizzylinder 335
— für Tauchbeizung 324
Bekämpfungsmaßnahmen, physikalische 510—530
—,Wirtschaftlichkeit 444
Benetzbarkeit der Pflanzen 449
— — Pflanzenoberfläche 447
Benetzungsbeize, Beizflüssigkeitsmenge 326
—,Durchführung 326
Benetzungsgrad und Tropfengröße 454
Benetzungskosten, Pflanzenschutzmaßnahmen 465
Benetzungsvorrichtung eines Kurznaßbeizers (Abb.) 328
Benzinkompressor für Kleinnebelgeräte 414
Beregnung, direkte, Frostschutz 523
— zur Frostbekämpfung 521, (Abb.) 522, 523—524
—,indirekte, Frostschutz 524
—,Regnertypen 524
—,Wassertemperatur 523
Beregnungsdauer 524
Bergfüllanlagen, Weinspritzung 389
Berührungseffekt, Tropfengröße 451
Beschallung 344
Beschallungszeiten, Ultraschall 530
Beta s. Rüben
Betriebskosten, Pflanzenschutzmaßnahmen 465
Biologische Bundesanstalt, Be- und Vergasungsgeräte-Prüfung 553
— —,Geräteprüfung 538, 539, 540
Biologische Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft 438
biologische Wirkung, bestmögliche 445
biologischer Effekt und Wassereinsparung 445, 456
Bisamratte, Fallen 516
Blasebalg für Handverstäuber 425
— -Handstäuber (Abb.) 306
Blasebälge, Stäubegeräte 307, 308, 421
Blattläuse, Fangen 514
—,Flugzeugeinsatz gegen 469
—,Flüssigkeitsmengen bei Bekämpfung 455
Blattrührwerk, Spritzgeräte 359
Blattunterseitenbehandlung 461, 462, 463, (Abb.)
—,Brüheverteilung (Abb.) 463
—,Konstruktionsversuche zur (Abb.) 462
Blausäure, Absorption 497
—,Anwendung 494—496
—,flüssige, Verwendung 495

—,Giftigkeit 535
—,Nachweismethoden 535
—,Schutzfilter 535
—,Vergasung 491
—,Verpackung 496
Blausäuregas, Entwicklung 494
Blausäuregenerator (Abb.) 494
— für Natriumcyanid und Schwefelsäure (Abb.) 494
Blausäureverdampfung 503
Blausäurevergaser 503
Blechplatte, Spritzbild-Bestimmung 543
Blumenzwiebelbehandlung durch Heißwassertauchbäder (Abb.) 325
Blumenzwiebeln, Tauchbeizung 324
Bodendämpfung in Fässern 314
—,Geräte 310—321
—,Temperatur 311
Bodendesinfektionsmittel, im Injektionsverfahren 490
Bodenentseuchung, chemische, Geräte 321
— Geräte 309—323
Bodenfreiheit bei Schlepper 398
Bodengeräte, Wetterabhängigkeit 467
Bodeninjektionsgerät, selbsthergestelltes (Abb.) 490
Bodeninjektionsgeräte 489
Bodeninjektionsverfahren 490
Bodeninjektoren 488
— mit zapfwellengetriebenen Anbauspritzen 490
Bodenschädlinge, elektrischer Strom gegen 528
Bohnen, Frostschutz 524
—,Unkrautbekämpfung, Flüssigkeitsmengen 456
Bottichverfahren, Blausäure-Anwendung 494
Brandbuttenentfernung, automatische 324
Breitraumsprühen 408
—,Prinzip (Abb.) 408
Breitraumsprühgerät, ausländisches im Obsteinsatz (Abb.) 409
—,Platz (Abb.) 408
Breitstäuberohr(e) (Abb.) 423
—,handtragbare 423
Brennbarkeit von Gasen 496, 503
Brennöfen, zur Entseuchung 310
Brettspritze 354, (Abb.) 373, 374
—,erste der Fa. Hildebrandt 304
—,Handspritzrohr 373
—,Schnitt, schematisch (Abb.) 374
Brikett-Geländeheizofen 522
Brikettöfen, Frostschutz 522
Brikett-Öl-Geländeheizöfen 522
Brühebehälter 355
—,Spritz-Stäuber 433, 434
Brühemengen, Herabsetzung 400
Brühepumpe, Flugzeug 442
Bruttrieb, Nutzung für Bekämpfung 514
Buttenentfernung, automatische 324

Calcid-Verstäuber 495
—-—,großer (Abb.) 495
—-—,kleiner (Abb.) 495
—,Verwendung 495
Calcidverfahren 496
Calciumcyanid, Baumbegasung (Abb.) 495
—,Verwendung 495
—,Zerstäuber für 492
Carpocapsa pomonella, Fanggürtel (Abb.) 513
Cercospora, Flüssigkeitsmengen bei Bekämpfung 455
Chemische Bodenentseuchung, Geräte 321—322
Contarinia tritici s. Weizengallmücke
Cricetus cricetus s. Hamster
Cyancalcium, Verwendung 495
Cyanfumer 494
Cyanogasverfahren 496

Dampf, Wärmeinhalt 315
Dampfbedarf bei Dämpfegge 320
Dämpfdauer s. Dämpfzeiten
Dampfdruck, von Gasen 496
Dämpfe, Schutz vor 532
Dämpfegge (Abb.) 319
—,Dampfbedarf 320
— mit Kasten und Haube nach Lersch (Abb.) 319
—,Konstruktion 320
—,praktische Verwendung 320
Dämpfen, Wirtschaftlichkeit 314
Dämpfer mit feststehendem Dämpfbehälter nach Kromschröder (Abb.) 313
Dampferzeuger 313
—,Beurteilung 553
—,Wirtschaftlichkeit 314
Dämpfgabel(n) 317—318
— der Fa. Möschle (Abb.) 317
Dämpfgeräte, Entseuchung 321
— für bewegte Erde 311—318
— für unbewegte Erde 318 bis 321
—,Prüfung 553
—,Wirtschaftlichkeit 314
Dampfgewinnung, Wirtschaftlichkeit 316
Dämpfkammern 318 (Abb.)
Dämpfkastenverfahren 319
Dampfkessel, Leistung 316
—,Sicherheitsventile 531
Dampfmenge, notwendige für Erddämpfung 316
Dämpfrechen 318
Dämpfrost (Abb.) 317
—,Aufsatz über (Abb.) 317
Dämpfroste 318, 320
Dämpfrostverfahren 320
—,Tiefenwirkung 320
Dämpftemperatur 321
Dämpftiefe 320
Dämpfung von Erdflächen 319—321
Dampfvernebler 416
Dämpfzeiten 316, 318, 320, 321
Daucus s. Möhre
Dauerbad, bei Beizung 348
DDT, Flugzeug-Einsatz 441
Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft, Geräte-Vergleichsprüfung 539, 553
Dichte von Gasen 496
Dichtungen, Verschleiß 536
Diesel-Einspritzpumpe für Sprühgerät 403
Differentialkolbenpumpen, Spritzgeräte 361
Differentialpumpe(n), Gespannspritzen 381
—,radangetriebene (Abb.) 360, (Abb.) 361
Dispersionsnebel 411
Dispersometer (Abb.) 545
Distelstecher 512
DNC-Mittel, Abtropfen 447
Doppelscheibengetriebe für Flugzeug-Stäuben 438 (Abb.)
—,Streuvorrichtung für Flugzeug 438

Doppeldüsen 370
Doppelwaage, Feuchtbeizer 332
Dosierung beim Stäuben 421
Dosierungsgerät mit Beizmittelbehälter, nach Röber (Abb.) 340
Dosierungsvorrichtung, amtliche Prüfung 540
Drahtbügelfallen 516
Drahtkastenfalle (Abb.) 517
Drainageverfahren, bei Bodendämpfung 321
Dralldüse(n) (Abb.) 368
—,Flugzeug 442
—,Förderleistung 382
—,Spritzbild-Bestimmung 544
—,Spritzgeräte 367, 368
Drallkörper, Spritzdüsen 367
— -Nebeldüse, Einzelteile (Abb.) 412
Drehflügelflugzeuge s. a. Hubschrauber, Einsatz 442
—,erste Versuche USA 440
—,Verwendung 439
Drehstrahlregner, Frostschutz 524
Dreidüsenspritzrohr (Abb.) 371
— mit Revolvergriff (Abb.) 372
Dreikolben-Anbaupumpe, Zapfwellenantrieb (Abb.) 394
Dreikolbenpumpen, Spritzgeräte 361
Dreipunktaufhängemöglichkeit 395
Dreipunktaufhängung, Aufsattelspritze an 395
Drillmaschine, Beizapparat auf 336
Drillmaschinen für Streumittel 485
Druckkessel, Schlepperspritzen 396
Druckkesselspritzen für Feldbau 397
Druckluftbehälter, Imprägniergeräte 506
Druckmeßgerät, Geräteprüfung (Abb.) 546
Druckmessung, Imprägniergerät 507
Druckregelventil mit Manometer, nach Holder (Abb.) 357
—,in Stufen einstellbar, schematisch (Abb.) 356
—,stufenlos, schematisch (Abb.) 357
Druckregler mit Überdruckautomatik, schematisch (Abb.) 358
Druckschlauch, Spritzgeräte 365, 366
Druckwirkung für Bekämpfung 510
Düngelanze(n) (Abb.) 489, 490
—,für Injektionsverfahren 488, 489
Düngerstreuer, für Streumittel 485
Durchgasungskammer 503
Durchströmungsmethode, bei Beizung 347
Durchwirbelung des Bestandes, Feldsprühgerät 409
Durodüse, Spritzgeräte 367
Düsen, amtliche Prüfung 540
—,Anordnung für Spezialkulturen 369
—,Ausflußcharakteristik 368
—,Flugzeug-Einsatz 442
—,Leistungsberechnung 459
—,Literleistung 368
—,Motor-Sprüh- und Stäubegeräte 405
—,Schlepperspritzen 395
—,Spritzbilder 543 (Abb.)
—,Spritzgeräte 366—369
—,Spritzstrahlen 544 (Abb.)
—,Sprühgeräte 402, 403
—,Verschiebbarkeit auf Spritzbalken (Abb.) 445
—,Verschleiß 536
—,Zerstäubungsfeinheit 368
—,zweckmäßige Anordnung 446
Düsenanordnung zur Behandlung der Blattober- und -unterseiten (Abb.) 461
—,unterschiedliche (Abb.) 446
Düsenbalken, Spritzgeräte 366, 369
Düsengabeln 370
Düsengestänge, Schlepperspritzen 394
—,Spritzgeräte 366, 369
Düsenkombination, Spritzgeräte 366
Düsenkranz, Breitraumsprüher 408
Düsenplättchen, Spritzgeräte 367
Düsenrohr(e) am Flugzeug 442
—,Spritzgeräte 366, 369
Düsensatz für Mehrdüsenspritzrohre (Abb.) 371
Düsenscheren 370
Düsenspritzrohre 370

Eggenverfahren bei Erddämpfung 319
Eicheldüse, Spritzgeräte 367
Eimerpumpen 374
Eimerspritze (Abb.) 373
Einachsschlepper, Aufbaugerät 393
Eindringungsvermögen in Pflanzenbestand, Spritzbrühe 453
Einkammeranlage, Begasung 503
Einrad-Fahrgestell, Sprühgerät 406
Einsammeln, Bekämpfungsmethode 511
— von Insekten 512
Einsatz und Bewährung von Spritzen, Sprühen, Nebeln, Stäuben 444—469
Einsatzprüfung der Geräte, amtliche 539, 548—549
Einstechsonden für Phosphorwasserstofftabletten, (Abb.) 492, 493, 494
Einzeldüse, Spritzgeräte 366
Einzel-Strahlrohr, Spritzgeräte 366
Eisenvitriol 305
elektrische(s) Aufladegerät für Staubteilchen (Abb.) 452
— Bodensonde 528
— Fangvorrichtung 527, 528
Elektrizität, zur Bodenentseuchung 309—310
— im Pflanzenschutz 527 bis 528
Elektrodämpfer, schematisch nach Kyffhäuser (Abb.) 312
—,Wartung 313
Elektrodämpfgerät, nach Kyffhäuser (Abb.) 312
Elektrodenentseucher 310
elektrodynamische Ultraschallgeber 529
Elektro-Kompressor, für Kleinnebelgeräte 414
elektromagnetische Strahlen, Pflanzen-Vorratsschutz 528—530
Elementenentseucher 310

Elevator, Trockenbeizgeräte 337
Eloxierung 355
Emulsionen für Bodeninjektion 488
—,Rührwerkprüfung 550
Enthärtungseinrichtung für Dämpfanlagen 317
Enthärtungsfilter für Kesselspeisewasser 317
Entseuchung von Blumentöpfen (Abb.) 310
Entseuchungskästen 322
Erbsen, Unkrautbekämpfung, Flüssigkeitsmengen 456
Erdbeeren, Frostschutz 524
Erddämpfer 310
— und Futterdämpfer, Unterschiede 312
— nach Kromschröder (Abb.) 310
—,Tagesleistung 313
Erddämpffässer 312
Erddämpfgerät nach Lersch (Abb.) 313
Erddämpfung 310—321
Explosionsgefahr, Minderung bei Begasung 503
Explosions-Luftdruckgewehr, Vogelbekämpfung 511
Explosivität der Gase 503

Fahrgestell für Spritzen 354
Fallen, Geschichtliches 303
— für Schädlinge 515—518
Fang von Schädlingen 513
Fangapparate, einfache 513, 514
Fangbehälter mit Lockstoffen 515
Fangen, Bekämpfungsmethode 511
Fangflächen mit Leim 513
Fanggefäße 514
Fanggeräte für Insekten 512
Fanggräben 514
Fanggruben 514
Fanggürtel für Insekten (Abb.) 513, 514, 518
Fangkörbe 517
Fanglampen 514
Fanglöcher 514
Fangnetze 513
Fangschalen für Blattläuse 514
Fangtafeln 513
Fangtrichter 512
Fangtücher 512
Farbsehen der Blattläuse und Fang 514
Federal Dry Pickler (Abb.) 342
Federdynamometer, Zugkraftmessung 547
Federventil, bei Spritzgeräten 356
Feindruckmesser für Windgeschwindigkeit 545
Feinnebel, Tröpfchengröße 352
Feldbau, Brüheaufwand, Konzentration 457, 458
—,Wirtschaftlichkeitsberechnung 465
Feldbauspritzen in USA 399
Feldspritze(n) s. a. Gespannspritze
—,Ausbringemenge und Fahrgeschwindigkeit (Abb.) 383
— mit Baumspritzeinrichtung (Abb.) 386
—,Düsenrohre 369
—,Entwicklung 305
—,von Mayfarth 305
—,pferdegezogen (Abb.) 381
—,Prüfung der Brüheverteilung (Abb.) 542, 543
—,schwedische, nach oben spritzend (Abb.) 462
— in Transportstellung (Abb.) 384
—,Wirtschaftlichkeit 466
Feldspritzrohre, Schlepperspritzen 398
Feldsprühauslegerohre 409
Feldsprühgerät(e) 407, (Abb.)
— mit Aero-Barren 409, (Abb.) 410
—,Ausbringungsleistung 458, 459
—,Luftleistung 454
—,Sprührohre 410
—,Stäuberohre 410
Feldstäubungen 423
Feldverstäuber, Auswechselgerät gegen Feldspritze (Abb.) 434
Fernhaltung von Schäden 518
Feuchtbeizgerät(e) Arbeitsweise 330—333
—,Beizmittel für 333
— mit Doppelwaage und Schöpfbecherpaar, schematisch (Abb.) 331
—,Dosierungsvorrichtung (Abb.) 331
— mit Einkammerwaage und Schöpflöffel, schematisch (Abb.) 332
—,Prüfung 553
—,schwedische 332
—,Trommel (Abb.) 332
—,Verteilungsgenauigkeit 333
Feuchtbeizung 329—333
—,Beizmittel-Aufwand 329
—,Dosierungseinrichtung (Abb.) 332
—,Flüssigkeitsmengen 330
Filter, Gespannspritzen 383
Filtereinsatz, Schutzfilter (Abb.) 534, 535
Filtersieb in Sternform (Abb.) 382
Fischernetze gegen Vogelfraß 518, (Abb.)
Fischschwanz, Staubverteiler 422
— Staubverteilung, zweifache (Abb.) 423
Fischschwanzverteiler, Stäubegeräte 424
fixe Kosten, Pflanzenschutzmaßnahmen 463, 465
Flächenbedeckung und Tröpfchengröße (Abb.) 400
Flachs, Unkrautbekämpfung, Flüssigkeitsmengen 456
Flachstrahldüsen 369
Flachstrahl-Prall-Düsen, Flugzeug 442
Flammenwerfer gegen Unkraut 527 (Abb.)
Flöte, Staubverteiler 422
Flüchtigkeit von Gasen 496
Flügelspitzenturbulenz bei Flugzeug 442
Flugzeug s. a. Hubschrauber, bekämpfte Schädlinge 439
—, Blattunterseitenbehandlung 463
— oder Bodengerät, Einsatzfragen 444
—,Düsen für Staubverteiler 439
—,Düsenspritzrohr 442, 443 (Abb.) 443
—,erste Stäubegeräte 436, 437
—,— Verstäuberkästen (Abb.) 436
—,erster Einsatz 308
—,— — Deutschland 437
—,— — USA 436, 440
Flugzeug-Einsatz in Deutschland 439
—-—,Markierung 444

Flugzeug-Einsatz, Organisation 444
——,Vergleich mit Bodengeräten 444
—— in verschiedenen Kulturen 442
—— in verschiedenen Ländern 439, 442
——,Wetterabhängigkeit 467
——,Windeinfluß 444
—,Einsatzmöglichkeit 441
—,Flächenleistung 468, 469
—,Flughöhe im Einsatz 444
—,Flüssigkeitspumpe (Abb.) 443
—,Ködermittel - Ausbringung 444
—,Kosten im Obstbau 467
—,Leistungsfähigkeit 441
—,Luftsogverstäuber 437
—,Nutzlast 444
—,Rührwerk für Brühe 443
—,Schädlingsbekämpfung 439
—,Spritzausstattung 442
—,Spritzbrühe-Pumpe 442, 443
—,Spritzbrühe-Verteilung 443
—,Spritzdüsen 442
—,— -Anordnung 443
—,Spritzen vom 440—444
—,Spritztröpfchen-Größe 443, 444
—,Stäubeeinrichtung mit Doppelscheibengetriebe 438 (Abb.), 439
—,Stäuben vom 435—439
— mit Starrflügel im Einsatz (Abb.) 442
—,Staubverteiler 438, 439
—,Streumittel-Ausbringung 444
—,Streuvorrichtung der B.R.A. 438
—,Stundenleistung 444
—,Verwendung insektizider Nebel 441
—,Wirtschaftlichkeit 467, 468, 469
—,Zerstäuber für Spritzmittel 440
Flüssigkeitsaufwand, Herabsetzung 454
— beim Hubschraubereinsatz 469
Flüssigkeitsbehälter bei Spritzgeräten 355, 356
Flüssigkeitsmengen, Spritzen 409
—,Sprühen 409
Flüssigkeitspumpe am Flugzeug (Abb.) 443
— für Imprägniergerät 507
Flüssigkeitströpfchen, Größe 352
Förderschnecke 343
Formaldehyd, Schutzfilter 535
Formaldehydlösung in Fangschalen 514
Forst, Flugzeug-Einsatz 439
—,Nebeln im 460
Fragaria s. Erdbeere
Fräsen mit Aufbaugerät 393
Fremdantrieb des Stäubeaggregates 431
Freon zum Kaltnebeln 414
Frequenzen, Ultraschall 530
Frost, Geräteschutz 537
Frostschutz 521—526
—,Beregnung (Abb.) 522, 523, 524
—,kombinierte Methoden 526
— durch Lufttrübung 525
—,Propellergeräte 525, 526
—,Rentabilität 525
—,Temperaturerhöhung durch Bedecken 521
— durch Ventilation 525
—,Vernebeln 525
—,Verräuchern 525
—,Wasserverbrauch 524
—,Wirkungseffekt 525
Fuchs, Fallen 516
Füllhöhe von Trockenbeizgeräten 336
Füllpumpen, Batteriespritzen 379
— für Schlauchspritzen 390
Fungizide, Abtropfvorgang 447
—,Nebeln 460, 461
—,Tröpfchengröße und Wirkung 451

Gammastrahlen gegen Schädlinge 529
Gärtner-Handspritze (Abb.) 373
Gasdruckspritzen 354
Gase, Absorption 497
—,Adsorption 497
—,Anwendung 491—503
—,Eigenschaften 496
—,Explosionsgefahr 503
—,physikalische Eigenschaften 496
—,Rest-Nachweis 535
—,Schutz vor 532
—,Verpackungsart 496
Gasentwickler 498
Gasfilter gegen Kohlenoxyd 534
— für Schutzmasken 534
Gaskonzentration, Abhängigkeit von Einwirkungszeit (Abb.) 497
Gasmasken 533—535
Gaspfeifen, Silobegasung 500
Gas-Schwebstoffilter, Schutzmasken 534
Gaston Spiral Grain Pickler (Abb.) 341
Gebläse, Anhängesprühgerät 408
—,amtliche Prüfung 540
— bei Feuchtbeizer 332
—,gasdichtes 498
—,Leistungen 401, 402
—,Motor-Prüh- und Stäubegeräte 405
— für rückentragbare Sprühgeräte 405
—,Spritz-Stäuber 433, 434
— für Sprühgeräte 401, 402, 405
Gebläsestäuber, bauchtragbarer, nach Hudson Sprayer Co. (Abb.) 307
— der Fa. Hudson Sprayer Co. 308
— — — Perless Dust Co. 308
Gebläsestrom, Motor-Sprühgeräte 405
Geländebeheizung (Abb.) 521, 522
Geländeheizöfen, Leistung 523
Gelbkarbolineen, Schutz vor 533
Gelbspritzmittel, Schutz vor 533
—,Sprühverfahren 459
Gelenkdüsen und Zangenrohre (Abb.) 370
Gemeinschaftsdämpfanlage nach Kyffhäuser (Abb.) 315
Gemüsefliegenbekämpfung 486
Gemüsesämereien, Beizung 324
Gemüseschädlinge, Flugzeug-Einsatz 439
Geräte, allgemeine Beurteilung 548, 549
—,Beurteilung der Einzelteile 549
—,Hauptprüfung 539
—,Prüfeinrichtungen 540 bis 548

Gerätepflege 536—538
Geräteprüfung, amtliche 538 bis 554
—,Bedingungen 539
—,Richtlinien 539
Geräteträger 394
Gerätetypen, Spritzgeräte 374—399
Geschichtliche Entwicklung 303—309
Geschwindigkeitsdifferenz zwischen Tröpfchen und Luft 402
Gesetz zum Schutze der Kulturpflanzen 538
Gesichtsschutz (Abb.) 532, 533
Gespannfeldspritze, Prüfstand 540, (Abb.) 541
—,radangetriebene 354
—,—,schematisch (Abb.) 353
—,Wirtschaftlichkeit 465, 466
Gespanngerät zum Sprühen 407, (Abb.), 408
Gespannspritzen, Arbeitsbreite 383, 384
—,Ausbringmengen 382, 383
— als Baumspritzen 384, 385
—,Druck 383
—,Fahrgeschwindigkeit 383
—,Filter 383
—,Flächenleistung 384
—,Kraftübertragung 382
—,Krautniederhalter 384
—,pferdefahrbare 381—388
—,Pumpen 381
—,radangetriebene (Abb.) 306, 354
—,—,Wirtschaftlichkeit 466
—,Regulierung 382, 383
—,Rührwerk 384
—,Spritzrohre 384
—,Spurverstellung 384
—,Wirtschaftlichkeit 467
Getreide, Benetzbarkeit und Unkrautbekämpfung 449
—,Reinigungsanlage 512 (Abb.)
—,Reinigungsverfahren 512
—,Sortierung 512
—,Unkrautbekämpfung, Flüssigkeitsmengen 455, 456
Getreideschädlinge, Flugzeug-Einsatz 439
Getreidesilo, Kornkäferbekämpfung 500
Getreidespeicher, fahrbare Begasungsanlagen für 500
Getreidewaage, Beizgeräte 330, 331, 339, 340, 341
—,schematisch, nach Neusaat (Abb.) 339
Getriebe-Zapfwelle 394
Gießen, Nachteile 487
— von Pflanzenschutzmitteln 485—487
Gießgeräte der Bundesbahn 486, 487
— an einer Zapfwellenaufbauspritze (Abb.) 487
Gießkanne mit Brausekopf und Laufrad (Abb.) 486
— für Pflanzenschutzmittel 485
Gießmittel 485
—,Flüssigkeitsaufwand 486
Gießverfahren, Kostenaufwand 486
Giftgetreide, Auslegerohr (Abb.) 507
Giftlegeröhren, Nagetierbekämpfung 508
Giftschaumgerät, Rattenbekämpfung 508
Glasplatte, Spritzbildbestimmung 543
gravity-Typ bei Beizgeräten 337, 342, 343
Grobstaubfilter, Schutzmasken 534
Größensortiereinrichtung für Obst 512
Großnebel, Tröpfchengröße 352
Großnebelgerät(e) im Forsteinsatz 418, (Abb.) 419
—,Heißgas- (Abb.) 418
— für Kaltnebel 415, (Abb.) 416
Großstäubegerät 431
Großverstäuber, Schlepper-Anhängegerät (Abb.) 429
— auf Unimog (Abb.) 430
Grubenfallen 515
Gummi-Blasebalg, Handverstäuber 425

Hackfräse, Aufbaugerät 393
Haftfähigkeit, Naßstäuben 405
—,Stäubemittel 419
Halbmaske (Abb.) 533, 534
Hamster, Bekämpfung 510
Handfüllpumpen (Abb.) 379
—,erste 304
—,Batteriespritzen 379
— für Schlauchspritzen 390
Handinjektoren (Abb.) 489, 490
Handklappern, Vogelabwehr 519
Handschnarren, Vogelabwehr 519
Handschwefler 306
Handspritze 354, (Abb.) 373, 374
Handspritzrohr(e) 370, 373
—,nach Boskamp (Abb.) 370
Handsprühgeräte 404
—,Spezialdüsen 404
—,Vorsatzrohre 404
Handstäuber (Abb.) 424
—,19. Jahrhundert (Abb.) 306
Handverstäuber 424—426
—,Fassungsvermögen 425
Harken, Verwendung 511
harrow-Verfahren bei Erddämpfung 319
Haspel für Schlauchspritzen 389
Hauptprüfung für Geräte 539
Hebelfüllpumpe (Abb.) 379
Hebelpumpen, Batteriespritzen 379
Hederich, Bekämpfung 305
Hederichspritze(n) 305, 381
—,nach Holder (Abb.) 305
— „Schultz-Soest III“ (Abb.) 305
Heinse, D., Spartränkverfahren 507
Heißgas-Großnebelgerät (Abb.) 418
Heißgasnebelgeräte, Staubexplosionsgefahr 460
Heißnebel, Gerät(e) 416—418
—,—,Leistungsübersicht 432
—,—,tragbare 415, 416, 417
—,Großgeräte 417—418
—,Heizquellen 412
—,Raumaggregate 416
—,Teilchengröße 411
—,Verfahren 411
Heißwasserbad, selbstgefertigtes, schematisch (Abb.) 344
— und Trocknung 348
Heißwasserbehandlung, Durchführung 345
—,Temperatur 345
Heißwasserbeizapparat, nach Appel und Gassner 347
—,— Husfeld und Tamm 346
—,— Stranak 347
—,— Tapke 346

Heißwasserbeizung 344—348
—,Temperatur 344
Heißwassertauchbad, modernes, für Blumenzwiebelbehandlung (Abb.) 325
Heißwasserverfahren, zur Bodenentseuchung 310
Heizfläche der Dampfkessel 316
Heizung, Frostsschutz 521
Helico-Düsen, Spritzgeräte 367
Herbizide, Abtrift und Tröpfchengröße 449 (Abb.)
—,Abtropfvorgang 447, 449
—,Benetzbarkeit der Pflanzen 449
—,im Sprühverfahren 460
—,zweckmäßige Flüssigkeitsmengen 455, 456
Heuschrecken, Flugzeug-Einsatz 439
Hitze, trockene zur Bodenentseuchung 309—310
—,— für kleine Erdmengen 310
—,Verwendung 526
Hochdruckdampf 314, 315, 316
Hochdruckdampfanlagen, Nachteile 315, 316
Hochdruckpumpe für Kleinnebelgeräte 415
Hochdruckrückenspritzen mit Düngelanzen 489
—,Schlauchkupplungen 366
—,Sicherheitsventile 531
Hochdruckschlauch, Schnitt durch (Abb.) 365
—,Spritzgeräte 365, 366
Hochdruckspritze(n) 377
—,mit eingebauter Füllpumpe 378
—,erste 304, 305
—, nach Fricke (Abb.) 377
—,Nachteil 377
—,schematisch (Abb.) 376
—,Schutzvorschriften 536
Hochdruck-Spritzpistole 371, (Abb.) 372
hochfrequente Wellen, Schädlingsbekämpfung 528
Hochfrequenzgenerator 528
Hochleistungspropeller, Frostabwehr 525
Hochleistungspumpe, nach Fricke (Abb.) 361
Hochstrahler, Spritzgeräte 373
Hohlmanschette, Kolbenart 364
Holz, Imprägnieren 504, 505
Holzbehälter für Spritzgeräte 355
Hopfen, Sprühen 457
Hopfenbau, Brüheaufwand, Konzentration 457
—,Flüssigkeitsaufwand 456
—,erste Spritzgeräte im 304
—,Wirtschaftlichkeit der Spritzen 467
—,zweckmäßige Flüssigkeitsmengen 456, 457
Hubkarren, dreirädriger nach Kyffhäuser (Abb.) 312
—,für Erddämpffässer 312
—,zweirädriger für Dämpffässer nach Kyffhäuser (Abb.) 312
Hubschrauber s. a. Flugzeug, Blattunterseitenbehandlung 463
— beim Brühetanken (Abb.) 441
—,Flüssigkeitsaufwand für Insektizide 469
—,Kosten 469
—,Landefläche 468
— im Pflanzenschutzeinsatz (Abb.) 440
—,Rotorwind und Wirkstoffablagerung (Abb.) 463
—,erste Versuche in USA 440
—,Verwendung 438
—,Vorteile 440, 441
—,Wirtschaftlichkeit 468, 469
Hülsberg & Cie., Sparträn kverfahren 507
Humulus s. Hopfen
hydraulisch-pneumatische Zerstäubungsverfahren 353
hydraulische Zerstäubungsverfahren 353
hygienische Bedeutung der Spritztröpfchengröße 450
— Forderungen für Tröpfchengröße 445

Iltis, Fallen 516, 517
Imprägnieren 503—508
—,Druck 506
—,Öldruckperiode 505
—,Vakuum 506
Imprägnierflüssigkeit, Meßgefäß 506
—,Vorwärmer 506
Imprägniergeräte, Druckluftbehälter 506
—,Flüssigkeitspumpe 507
—,Kondensator 506
—,Luftkompressor 507
—,Meßapparate 507
—,Vakuumpumpe 507
—,Vorwärmer 506
Imprägnierkessel 504, 505, 506
Imprägnieröl 504
—,Temperatur 504
Imprägnierungsverfahren, Luftdruck 504, 505
— nach Rüping 504, (Abb.) 505
—,verschiedene 507
Infrarotheizgeräte 528
Infrarot-Strahlen, Schädlingsbekämpfung 528
Injektionsgeräte für Schlepperanhängung 491
Injektionsverfahren 487—491
Injektoren für chemische Bodenentseuchung 322
— zum Füllen von Motorspritzen 394, (Abb.) 395
— für Schwefelkohlenstoff 321
Injizieren von Pflanzenschutzmitteln 487—491
Insektenfanggürtel 514
Insektizide, Abtropfvorgang 447
—,Dampfdruck und Tröpfchengröße 451
—,Flugzeug-Einsatz 441
—,Flüssigkeitsmengen 455
—,Nebeln mit Flugzeug 441
—,Tröpfchengröße und Wirkung 451

Junkers-Werke, Stäubeeinrichtung für Flugzeug 438

Kaliumferrocyanidmethode 550
Kälte, Kulturenschutz 527
Kaltnebel 411, 412
— -Anhängegerät (Abb.) 415, 416
— im Vorratsschutz 460
Kaltnebelgeräte 414—415
—,Leistungsübersicht 432
—,rückentragbare 415
Kaltnebelprinzip (Abb.) 411
Kalorifer 498
Kalottenkolben, Spritzgeräte 364

Kanalisationen, Rattenbekämpfung 508
Karbolineen, Schutz vor 533
—,Sprühverfahren 459
Karrengerät, Schlauchsprühgerät 406
Karrenspritzen (Abb.) 304, 354, 380—381
— und Düngelanzen 489
—,einrädrig (Abb.) 380
—,erste 305
—,Feldspritzrohre 305
—,Handspritzrohr 373
—,Leistungsbedarf 381
— für Pferdezug, nach Holder (Abb.) 305
—,Rührsysteme 380
—,schematisch (Abb.) 379
—,Teller-Rührsysteme, schematisch (Abb.) 380
—,zweirädrig (Abb.) 380
Karrensprühgerät, selbstfahrendes (Abb.) 406, 407
Karrenstäuber „Holder" (Abb.) 308
Kartoffel, Flugzeugeinsatz 469
—,Frostschutz 524
—,Spritzbrüheaufwand 447
Kartoffeldämpfanlagen, als Erddämpfer 311
Kartoffelkäfer, Flüssigkeitsmengen bei Bekämpfung 455
Kartoffelschädlinge, Flugzeug-Einsatz 439
Kartoffelspritzung, Spritzbilder (Abb.) 551
Kastenegge, Konstruktion 320
Kasteneggenverfahren bei Erddämpfung 319
Kastenfallen (Abb.) 517
— gegen Nager 517
— — kleine Raubtiere 517
Kastenverfahren für Erddämpfung 318—319
Kennlinie, Pumpenleistung 362
Kescher, Insektenfang 513
Kesselsteinbildung bei Dämpfanlagen 317
kinetische Energie zur Durchdringung des Pflanzenbestandes 453
Kippdämpfer 313
—,Bau 313
— nach Möschle (Abb.) 311, 313
—,Tagesleistung 313
Kippfallen 515
Kippwaage s. a. Beizgeräte 340
Kirschfruchtfliege, Nebeln gegen 460
Klappern, Vogelabwehr 519
Kleinnebelgeräte (Abb.) 413, 415
—,Druckquellen 413
Knallscheuchen 519
Köderauslegegerät für Kanalisationen (Abb.) 507
Köderfallen 515, 527
Ködermittel, Flugzeug-Ausbringung 444
Koffer-Kleinnebelgeräte 414
Kohlenoxyd, Schutz vor 532
—,Schutzfilter 534
Kohlensäure für Kleinnebelgeräte 413, 414
Kohlensäurespritze(n) 378
—,schematisch (Abb.) 378
Kohlfliegengießgeräte 486 (Abb.)
Kolben, Gespannspritze 382
—,Verschleiß 536
Kolbenarten, schematisch (Abb.) 363
—,Spritzgeräte 363—364
Kolbenführungen, Spritzgeräte 365
Kolbengeradführung (Abb.) 364
Kolbenpumpen 397
—,Bodeninjektionsgeräte 491
—,Förderhöhe 362
—,Korrosionsfestigkeit 361
—,Rückenspritze 376
—,schematisch (Abb.) 364
—,Spritzgeräte 360, 362
—,Windkessel 365
—,Wirkungsgrad 362
Kolbenrückenspritze 376
—,erste 304
—,schematisch (Abb.) 375
—,nach Platz (Abb.) 375
Kolloidfilter, Schutzmasken 534
Kolorimeter, lichtelektrischer zur Kupferbestimmung 550
Kombination der Verfahren im Pflanzenschutz 435
kombinierbare Geräte, Sprühen und Nebeln 434
kombinierbares, rückentragbares Motor-Gerät (Abb.) 435
kombinierte(r, s) Pflanzenschutzgeräte 431—435
— Kurznaß- und Trockenbeizer (Abb.) 337, 340
— Motor-Stäube-Sprüh-Gerät (Abb.) 433
— Sprüh-Nebel-Stäubegerät (Abb.) 434
— Stäube-Sprüh-Großgerät (Abb.) 433
Kompressor, Karrensprühgerät 406
— für Kleinnebelgeräte 415
—,Schlepperspritzen 396
Kompressorspritzen, Sicherheitsventile 531
Kondensationsnebel 411
Kondensator für Imprägniergeräte 506
Konzentrationsberechnung der Pflanzenschutzmittel 457, 458
Kornkäferbekämpfung, Begasungsanlage 500
Korrosion durch Quecksilberbeizmittel 333
korrosionsbeständige Legierung 355
Korrosionsbeständigkeit bei Spritzgeräten 355
Korrosionsverhütung 355
Kostenberechnung, Pflanzenschutzmaßnahmen 465
Kostenvergleich bei Spritzgeräten (Abb.) 467
Krautniederhalter zur Blattunterseitenbehandlung 461, 462
—,Brüheverteilung (Abb.) 463
Kreiselpumpen 397
—,Förderhöhe 362
—,Leistung 362
—,Schlepperspritzen 394
—,Spritzgeräte 362, 363
—,U/min 362
—,Wirkungsgrad 363
Kreislaufanlage und Antriebsaggregat für Begasung (Abb.) 498
Kreislaufeinrichtungen, Begasung 499
Kreislaufkammern, Vakuumbegasung 498, 500
Kreislaufsystem, bei Begasung 498, 501
Kugelkalottendurchmesser und Vollkugeldurchmesser der Spritztröpfchen 400, (Abb.)
Kühltrocknung, Heißwasserbeizung 349
Kupfer, Verteilung nach Regen in Kartoffelbeständen 464

Kupferbestimmung 550, 552
Kupferoxychlorid für Rührwerkprüfung 550
Kurznaßbeizgeräte 339
—,fortlaufend arbeitende 327—329
—,Prüfung 553
—,Regelung von Getreidezufluß 328
—,schematisch, nach Drescher (Abb.) 328
—,schematisch, nach Neuhaus (Abb.) 327
— für Schlämmbeizung 330
—,unterbrochen arbeitende 327
—,Zuführung der Beizflüssigkeit 328, 329
Kurznaßbeizung, Durchführung 326
—,Flüssigkeitsaufwand 326
—,Geschichtliches 303
Kurznaßvorrichtung eines Trockenbeizers (Abb.) 327
Kurzvorblütespritzung, Flüssigkeitsaufwand 456

Lamellenverdampfer 313
Langsamregnertypen, Frostschutz 524
Lavaldüse 402
Leerzeitkosten, Pflanzenschutzmaßnahmen 463, 465
Legeflinten, Nagetierbekämpfung 508
Legegeräte, Nagetierbekämpfung 508
Leimringe 518, (Abb.) 519
Leistungsbereich der Pflanzenschutzgeräte, Übersicht 432
Leitungsmaste, Imprägnierung 506
Leptinotarsa decemlineata s. Kartoffelkäfer
Lichtfallen 514, 527
Lichttrieb und Schädlingsbekämpfung 514
Linum s. Flachs
liquid-gas method 495
Locher für Zyklondosen 503
Lockpflanzen, Schädlingsbekämpfung 515
Lockstoffe mit Fangbehältern 515
Lösungen für Bodeninjektion 488
Luftfahrzeuge s. a. Flugzeuge, erster Einsatz 308
Lufterhitzer, Begasung 498
Luftgewehre, Vogelbekämpfung 511
Luftkompressor für Imprägniergerät 507
—,Schleppespritzen 397
Luftmantel auf Pflanzenoberfläche 448
Luftmenge, Feldsprühgerät 409
Luftpumpe für Räucherapparate 493
Luftsogverstäuber, Flugzeug 437
Lufttrübung, Frostschutz 521, 525

magnetostriktive Ultraschallgeber 529
Malariamücken, Flugzeug-Einsatz 439
Manometer 358
—,Gespannspritzen 383
—,Pflege 537
Manschetten, Verschleiß 536
Marder, Fallen 516
Martes s. Marder
Massenfänger (Abb.) 517
Materialbeschaffungskosten, Pflanzenschutzmaßnahmen 465
Materialschutz 503—508
Maulwurf, Selbstschußapparate gegen 511
Maulwurfsfallen (Abb.) 515
Mäusefallen (Abb.) 516, 517 (Abb.)
— für Massenfang (Abb.) 517
Mayfarth-Spritzen 381
mechanische Leistungen, Geräteprüfung 544—548
— Ultraschallgeber 529
Mehrstrahlrohre, Spritzgeräte 366
Meligethes aeneus s. Rapsglanzkäfer
Membran für Pulververstäuber 307
Membrangebläse, doppelt wirkende für Stäubegeräte 422
Membranpumpe bei Feuchtbeizer 331
— für Flüssigbeize 330
Membranspritzen 375
—,erste 304
— nach Platz (Abb.) 375
—,schematisch (Abb.) 375
Meßgefäß für Imprägnierflüssigkeit 506
Meßgeräte, Geräteprüfung 540—548
Messinggeräte, Aufbewahrung 538
Meßprüfung, amtliche 539
Metallfolien, Vogelabwehr 519
Methylbromid, Absorption 497
—,Vergasung 491
—,Verpackung 496
Methylorange-Quecksilberchloridpapier 535
Mineralöle, Sprühverfahren 459
Minnesota-Beizer, schematisch (Abb.) 342
Mischschnecke 343
Mischtrommel 337
— bei Feuchtbeizer 332
—,Trockenbeizgeräte 338
Möhren, Unkrautbekämpfung, Flüssigkeitsmengen 456
Molekulator s. a. Sprühgeräte 403
Moskitos, Nebeltröpfchengröße bei Bekämpfung 451
Motor, amtliche Prüfung 540
Motorbaumspritzen, erste, in Amerika 305
Motorfeldspritze, Wirtschaftlichkeit 465
Motorfeldstäuber (Abb.) 429, 430
Motorfüllpumpen, Batteriespritzen 379
—,erste 304
— für Schlauchspritzen 390
—,Spritzgeräte 385
Motorgeräte, Unfallschutz 531
—,Wirtschaftlichkeit im Feldbau 465, 466
Motorgespannspritze 354
—,Druck 387
Motor-Kompressoren, Sprühgeräte 401
Motorrückenstäuber, Wirtschaftlichkeit 465
Motorspritzen, Druck 388
— und Düngelanzen 489
—,pferdefahrbare 387—388
—,Wirtschaftlichkeit 466
Motorspritzgeräte 385—399
Motorsprühgeräte, rückentragbare (Abb.) 404, 405, 406

Motor-Stäubegeräte s. a. Stäubegeräte, fahrbare 429, 430
—-—-,gespanngezogene 429, 430
—-—-,rückentragbare 405, 406, 427 (Abb.)
—-—-,selbstfahrbar 430
—-—- an Zugmaschine 430
Motor-Stäube/Sprühgerät, rückentragbar 427
Motortragstäuber 427, (Abb.) 428
—,Leistung 427, 428
—,verkleideter (Abb.) 428
Motor-Zapfwelle 394, 399
Mückenlarven, Flugzeug-Einsatz 439
Mundstückgerät, Atemschützer 533 (Abb.)
Mustela putorius s. Iltis
Mustela nivalis s. Wiesel

Nachblütespritzung, Flüssigkeitsaufwand 456
Nachläufergeräte für Sprühen im Obstbau 459
Nachprüfung für Geräte 539
Nadeldüse, Nebelgeräte 412
—,Spritzgeräte 367
Nagetiere, Bekämpfungsgeräte 508
—,Fallen für 515
Nahrungstrieb, Nutzung zum Fang 515
Nasenreiz durch Gase, Dämpfe 532
Naßbeizung 323—333
—,Geschichtliches 303
Naßstäuben 405, 433
Natriumcyanid, Gasbildner 494
Natronkalk-Kieselgeltabletten 535
Nebel, fungizide 460, 461
Nebelaggregate 418
Nebeldose (Abb.) 414
Nebeldüsen 412, 413, 416
— im Luftkanal (Abb.) 417
—,Schnitt durch (Abb.) 412
—,Wirkungsweise 413
Nebelgerät(e), amtliche Beurteilung 548—549
—,Ausbringleistung 416
—,Bauelemente 412—414
—,Definition 353
— im Forsteinsatz (Abb.) 419
—,Frostschutz 525
—,große,Kaltnebel 415, 416
—,handtragbare 415
—,kleine, Leistung 415
—,kleines (Abb.) 413
—,Leistungsübersicht 432
— für Raumverneblung 414, 415
—,Typen 414—418
nebelgesättigtes Luftvolumen, zur Raumdesinfektion 414
Nebelmittel, Frostschutz 525
Nebeln 352—353
—,Abhängigkeit von Luftbewegung 449
—,Einsatz und Bewährung 444—469
— im Forst 460
— gegen Kirschfruchtfliege 460
—,Schutzvorschriften 532
— und Sprühen, Kombination 435
—,Technologie 352—444
—,Tröpfchengröße 352, 451
—,Tröpfchengröße bei Moskito-Bekämpfung 451
— im Vorratsschutz 460
—,Windabhängigkeit 460
Nebelniederschläge, Wirkung 418
Nebelpatronen, Frostschutz 525
Nebelpräparat 410
Nebelstrahl, amtliche Prüfung 534
Nebeltröpfchen, Heißnebelgeräte 417
Nebelverfahren 410—418
—,Anwendungsbereich 410, 411
—,Entwicklung 309
— im Feldbau 460
—,Fungizideinsatz 460, 461
—,Insektizideinsatz 460
—,Mittelmenge 460
— gegen Weizengallmücke 460
—,Wirkstoffmengen 410
—,Wirtschaftlichkeit 460
Netzfallen, Vogelfang 517
New-York-Typ, zur elektrischen Bodenentseuchung 310
Niederdruckdampf 315
Niederdruckdampfanlagen, Vorteil 316
Niederdruckdampferzeuger nach Lersch (Abb.) 314
Niederdruckdampfkessel, Betriebsdruck 314
— und Kastenegge nach Kyffhäuser (Abb.) 315
—,Konstruktion 316
Niederdruckspritze 376
— nach Platz (Abb.) 376
Normalspritzverfahren 455
Normung, Anschluß für Spritzstäbe u. a. 373
—,Spritzschläuche 366
Northeimer-Spartränkverfahren 507

Obst, Sortieranlagen 512, (Abb.) 511
—,Verlesebänder 512
Obstbau, Brüheaufwand, Konzentration 457, 458
—,Einsatz von Nebelgeräten 460
—,erforderliche Spritzbrühemengen 456
—,erste Spritzgeräte im 304
—,Sprühen im 459
—,vollmechanische Spritzen (Abb.) 446, 447
—,Wirtschaftlichkeit der Geräte 467
Öfen, kombinierte, Frostschutz 522
Ofenheizung, Frostverhütung (Abb.) 521
Ohio- oder Widerstandstyp, zur elektrischen Bodenentseuchung 309
Öl-Geländeheizöfen 522, 523
Ondatra zibethica s. Bisamratte
organische Dämpfe, Atemfilter gegen 535
Ostpreußische Imprägnierungswerke, Sparträn kverfahren 507

Packeinrichtungen für Obst 512
Passer s. Sperling
Papierblättchenmethode, Wirkstoffverteilung 551 bis 552
Papierkragen, Feststellung von Abtropfverlusten (Abb.) 551
perforated pipe method bei Erddämpfung 319
Petersilie, Unkrautbekämpfung, Flüssigkeitsmengen 456
Peters-Vakuumverfahren 502 bis 503
Petroselinum s. Petersilie
Pferdegeräte, Wirtschaftlichkeit 465

Pferdespritze, Wirtschaftlichkeit 467
Pflanzenbeschädigungen durch Sprühen 452
Pflanzenquarantäne, Begasung 496
Pflanzenschutzgeräte, amtliche Prüfung 538—554
—,Einsatzprüfung 548—549
—,Kapitalkosten (Abb.) 465
—,kombinierte und kombinierbare 431—435
—,Leistungsübersicht 432
—,Messung mechanischer Leistungen 544—548
—,Pflege 536—538
— mit umlaufendem Brühebehälter (Abb.) 359
—,Wirtschaftlichkeit 463 bis 469
Pflanzenschutzmaßnahmen, Wirtschaftlichkeit 444, 463 bis 469
Pflanzenschutzmittel, Abtropfvorgang 447
—,Anwendung aus der Luft 435—444
—,ätzende, Schutz vor 533
—,Ausbringmengen 455—460
—,Flüssigkeitsaufwand bei Anwendeverfahren 452, 453 ff.
—,Flüssigkeitsmengen-Berechnung 457—460
—,Gießen 485, 486
—,Konzentrationsberechnung 457, 458
—,Kosten 467
—,optimale Tröpfchengröße 445
—,Prüfung gerätebedingter Wirksamkeit 549—553
—,Schutzfilter 535
—,Streuen 485
—,Tröpfchengröße s. dort
—,Tröpfchengröße und Wirkung 451
—,Wirkstoffverlust 445, 446
Pflanzgut, Reinigungsanlagen 512
Pflege der Pflanzen- und Vorratsschutzgeräte 536 bis 538
Phaseolus s. Bohne
Phosphorwasserstoff 493
— -Präparate 492
—,Schutzfilter 535
Phosphorwasserstofftabletten, Einstechsonde für (Abb.) 492
physikalische Bekämpfungsarten 510—530
— Beizverfahren 344
— und chemische Beizverfahren, Kombination 348 bis 349
Phytophthora-Bekämpfung 461, 462
———,Kosten (Abb.) 466
———,Kupferverteilung nach Regen 464
—,Flugzeugeinsatz gegen 469
—,Flüssigkeitsmengen bei Bekämpfung 455
phytotoxische Wirkung der Pflanzenschutzmittel und Tröpfchengröße 452
piezoelektrische Ultraschallgeber 529
Polysu, Spartränkverfahren 507
Pralldüsen (Abb.) 368
—,Förderleistung 382
—,Spritzbild 544
—,Spritzgeräte 368
Prandtl-Staurohre 545
Preßluft, Kaltnebeln 412
— für Kleinnebelgeräte 413, 414
Preßluftspritzen mit Sparboden 378
Projektionsmanometer, Geräteprüfung 545 (Abb.)
Propeller, Frostabwehr 525
— bei Stäubeeinrichtung für Flugzeug 438
Propellergeräte, Frostschutz 525, 526
Propellerrührwerk, Spritzgeräte 359
Prüfeinrichtungen für Geräte 540—548
Prüfstand für Gespann-Feldspritzen 540, (Abb.) 541
— für Pflanzenschutzgeräte 540
Prüfung, amtliche für Geräte 538—554
— des biologischen Effektes 549
— der Wirkstoffverteilung 551—554
Puderquaste 306
Puhuri, handfahrbarer Stäuber 308
Pulverstäuber „Taifun" 307
Pumpen, amtliche Prüfung 540
—,Anhängesprühgerät 408
—,Flugzeugspritzung 442
—,Karrenspritze 379, 381
—,Radantrieb (Abb.) 382
—,Spritzgeräte 360—363
—,Spritz-Stäuber 433, 434
Pumpenkolben, Karrenspritze 380
—,Spritzgeräte 363

Qualitätssortierbänder für Obst 512
Quecksilber, Schutzfilter 535
Quecksilberdämpfe, Schutz vor 532

Radantrieb zweier Pumpen (Abb.) 382
Radialgebläse Anhängesprühgerät 408
—,Motor-Sprühgeräte 405
Radio, Vogelabwehr 520
radioaktive Isotope im Pflanzenschutz 529
rakon-Verfahren bei Erddämpfung 319
Raphanus raphanistrum s. Hederich
Rapsglanzkäfer, Flüssigkeitsmengen bei Bekämpfung 455
Rasseln, Vogelabwehr 519
Ratten, Fallen 517
Rattenbekämpfung 508
Rattenschlagfalle (Abb.) 515, (Abb.) 516
Räucherapparate 492, (Abb.) 493
Räuchermittel 492
—,Frostschutz 525
Räuchern, Frostschutz 521
—,Insektenbekämpfung 492
Räucherpatronen, große 492, 493
— zur Nagetierbekämpfung 492
Räucherspäne 492
Räucherstäbchen 492
Räuchertabletten 492
Raumdesinfektion, nebelgesättigtes Luftvolumen 414
Raumdurchgasung, Blausäure 494
Raupenfanggürtel 514
Raupenscheren 511
Rebenschwefler, 19. Jahrhundert (Abb.) 306
Rebensetzlinge, Begasung 499
Rechenverfahren bei Erddämpfung 319

Reduzierventile, Feuchtbeizer 333
Regelventil für Spritzgeräte 357
Regenanlagen, Preis 524
Regenbeständigkeit von Mittelbelägen, Bestimmung 552
—,Naßstäuben 405
— und Tropfengröße 451
Regendichte, Frostschutz 524
Regenkanone 391, 392
— im Pflanzenschutzeinsatz (Abb.) 392
— auf Unimog (Abb.) 392
Regner, Frostschutz 524
Reihenbehandlung 446
Reinigung und Beizung 303, 339
—,Pflanzenschutzgeräte 537
Reinigungsverfahren für Getreide 512
Reisschädlinge, Flugzeug-Einsatz 439
Renkkupplungen, Spritzschläuche 366
Reusenfallen 517 (Abb.)
Revolvergriffe für Spritzrohre 372
revolving-cylinder bei Beizgeräten 337
Rhagoletis cerasi s. Kirschfruchtfliege
Richtlinien, Geräteprüfung 539
Röhrenfallen gegen Mäuse 516
Röhrenverfahren bei Bodendämpfung 319, 321
Rollenpumpen, Leistung 363
—,Spritzgeräte 363
Röntgen-Bestrahlung 344
Röntgenstrahlen gegen Schädlinge 529
Rostverfahren bei Erddämpfung 319, 320
Rüben, Flugzeugeinsatz 469
—,Reihenbehandlung 446
—,Unkrautbekämpfung,Flüssigkeitsmengen 456
Rübensaatgut, Beizung von 329
—,Trockenbeizung von 334
Rückenschwefler 306
Rückenspritze 375
—,Handspritzrohr 373
—,Holder, von unten spritzend (Abb.) 462
—,selbsttätige 376
—,Wirtschaftlichkeit 465, 467
Rückenstäuber 306
—,elliptischer (Abb.) 425
—,handbetätigt mit Membrangebläse (Abb.) 426
—,handbetätigter, Reibevorrichtung (Abb.) 426
— nach Holder (Abb.) 307
—,im Schnitt (Abb.) 307
— für Streumittel 485
—,tornisterförmiger (Abb.) 425
—,Wirtschaftlichkeit 465
Rückschlagventil, Heißnebelgeräte 417
—,Schlepperspritzen 396
Rücktrocknung, Benetzungsbeize 326
—,Tauchbeize 326
Rücktrocknungsprozeß bei Beizung 348, 349
Rührsysteme 358
—,Karrenspritzen 380
—,mechanische, schematisch (Abb.) 359
Rührvorrichtung bei pferdefahrbaren Stäubern 428
Rührwerke, amtliche Prüfung 540
— für Handverstäuber 425
—,hydraulische 360
—,Leistung (Abb.) 550
—,Nebelgerät 412
—,pneumatische 360
—,Prüfung 549—550
—,Spritzgeräte 358—360
—,Stäubegeräte 420
Rundstrahldüsen 369
Rüping-Anlage 504, (Abb.) 505
Ruteneggen, Schädlingsbekämpfung 510
Rüttgerswerke, Sparträn kverfahren 507

Saatgut, Begasung 499
—,Reinigungsanlage nach Röber (Abb.) 512
—,Reinigungsanlagen 512
Saatgutbehandlung 323—352
Saatgutbereitungsmaschinen 512
Saatgut-Kippwaage mit Schöpfbechern (Abb.) 328
Saatgutreinigung 303, 327
Saatgutwaage, schematisch, nach Röber (Abb.) 340
Saatreinigungsanlagen, kombiniert mit Beizgeräten 327
Sammeln von Insekten 512
Saponin, Schaum„nebel"verfahren 404
Sattelspritzen 379
Saugschlauch, Spritzgeräte 365
Saugwindsichter, Getreidereinigung 512
Schädlinge, saugende, Flüssigkeitsmenge bei Bekämpfung 455
Schadvögel, Bekämpfung 511
Schallintensitäten, Ultraschall 530
Schallplatte, Vogelabwehr 520
Schaumanwendung, Frostschutz 521
Schaumbildner, Schaumnebelgerät 404
Schaumnebelgerät 404
Schaumnebelverfahren 403, 404
—,Prinzip (Abb.) 404
Schaumstreifen-Verfahren, Rattenbekämpfung 508
Schermaus s. Wühlmaus
Schlageisen 516
Schlagfallen 516 (Abb.)
Schlämmbeizdosis 329, 330
Schlämmbeizgerät 330
—,nach Goldsaat, schematisch (Abb.) 330
— nach Gustafson, schematisch, (Abb.) 330
—,Prüfung 553
Schlämmbeizung 329—330
—,Vorzüge 329
Schlauchbefestigungen nach Gallwitz (Abb.) 367
—,Spritzgeräte 366
Schlauchentlastungshahn, Hochdruckspritzen 377
Schlauchhaspel 366
Schlauchklammern, Spritzgeräte 366
Schlauchlängen, Spritzgeräte 366
Schlauchschellen, Spritzgeräte 366
Schlauchspritzeinrichtung (Abb.) 389, 390
Schlauchspritzen 354
—,Füllpumpen 390
—,unmittelbares 390
— mit Verteilungsgerüst 389, 390 (Abb.)
Schlauchspritzverfahren 389
Schlauchsprühgerät 406
Schlauchverbindungsstücke, Verschleiß 536

Schleierdüse, Spritzgeräte 367
Schlepper, Bodenfreiheit 398
Schlepperanhängegerät für Bodeninjektion 491
—,Wirtschaftlichkeit 465
Schlepper-Anhängespritzgeräte 397—399
— -Anhängesprühgeräte 408 bis 410
— -Aufbauaggregate zum Sprühen 408—410
— -Aufbaugeräte für Bodeninjektion 491
Schlepperinjektionsgerät (Abb.) 491
Schlepperspritzen, Arbeitsbreite 394
—,Wirtschaftlichkeit 466, 467
— mit Zapfwellenantrieb 393 bis 395
Schlingenfallen 518
Schlittenspritzen 379
Schlitzdüse, Spritzgeräte 367
Schmidtrohr, Prinzip für Heißnebelgeräte 416
Schnellverschluß, Spritzgeräte 371
Schnuller, Atemschützer 533 (Abb.)
Schöpfbecher, Feuchtbeizer 332
Schubkarre mit Dämpfgabel (Abb.) 317
Schußventile bei Spritzgeräten 356
Schüttel-Handstäuber (Abb.) 424
Schutzanzug 532
Schutzbrillen 533
Schutzgeräte für Einsatzpersonal 531—535
Schutzkleidung 532
Schutzmasken mit Filter 533, (Abb.) 534
— bei Trockenbeizung 333
Schutzschild für Gesicht (Abb.) 532, 533
Schutzvorschriften, Beachtung 532
Schwanenhals 516
Schwebefähigkeit von Flüssigkeitstropfen 448
— der Präparate, Prüfung 550
Schwebstoffe, Atemschutz 532, 533
Schwebstoffilter, Schutzmasken 534
Schwefeldioxyd, Absorption 497
schwefelhaltige Mittel, Geräteschutz 536
Schwefelkohlenstoff gekoppelt mit Sprengladung 510
— -Erdentseuchungskasten (Abb.) 321
—,Geräte zur Einführung 321
— -Pflüge 322
—,Schutzfilter 535
Schwefelquaste 306
Schwefelsäure für Blausäurebildung 494
Schwefelwasserstoff, Schutzfilter 535
Schwefler, fahrbarer, Aco (Abb.) 308
Schwere von Gasen 496
Schwingfeuer-Nebelgerät (Abb.) 417
—,Schutzgitter 531 (Abb.)
Selbstschlußzerstäuber, Spritzgeräte 371
Selbstschußapparate gegen Wühlmäuse, Maulwürfe 511
Selbsttätige Rückenspritze 376
Sellerie, Unkrautbekämpfung, Flüssigkeitsmengen 456
Sicherheitsventile, Gespannspritzen 383
—,Hochdruckspritzen 377
— bei Spritzgeräten 356—358
—,Unfallschutz 531
Sicherheitsvorrichtungen, Überprüfung 537
Siebe, Saatgutreinigung 512
Sinkgeschwindigkeit der Flüssigkeitstropfen 448
Sitodiplosis mosellana s. Weizengallmücke
slurry-Beizung s. a. Schlämmbeizung 329
small grid-Verfahren bei Erddämpfung 319
Solanum lycopersicum s. Tomate
— *tuberosum* s. a. Kartoffel 447
Sonnenschutz 527
Sorption von Gasen 497
Spardüse, Spritzgeräte 367
Spartränkverfahren, verschiedene 507
Sparverfahren von Rüping 504
Sperlingsfallen 515
Spezialdüsen für Herbizide 447
Spezialflugzeuge 444
Spezial-Nebeldüsen, Kaltnebelverfahren 412
Spezialsprühköpfe, Motor-Sprühgeräte 405
Spießverfahren bei Erddämpfung 319
spike-Verfahren bei Erddämpfung 319
Sprengladung gegen Hamster 510
— gekoppelt mit Schwefelkohlenstoff 510
—,Schädlingsbekämpfung 510
— gegen Termiten 510
Sprengtender, Bundesbahn 487, (Abb.) 488
Sprengvorrichtung, Sprengwagenzüge 487
Sprengwagenzüge 486, 487, (Abb.) 488
—,Fassungsvermögen 487
—,Leistung 487
Spritzbeläge, Regenbeständigkeit, Bestimmung 552
Spritzbilder, Gerät für 543 (Abb.)
—,verschiedener Geräte (Abb.) 550 u. 551
Spritzbrühe, Abtropfen und Abtrift 447, 448, 449, 450, 451
—,Berechnung des Aufwandes 454 ff.
—,Bestimmung der Verteilung 541, (Abb.) 542, 543
—,Herabsetzung 454
Spritzbrüheanlagen 391
Spritzbrühemengen, Herabsetzung 399
— im Hopfenbau 456, 457
— bei Kulturen 455, 456
— im Weinbau 456
Spritzbrühemischanlage (Abb.) 391
Spritzbrüheverteilung, Prüfung 551—554
Spritzdüsen, s. a. Düsen, Anordnung zur Rebenspritzung, schematisch (Abb.) 369
—,Ausführungsarten, schematisch (Abb.) 368
—,Flugzeug 442
Spritzeinrichtung auf Agria-Gerät 394
— auf Allgaier-Dieselschlepper (Abb.) 397
— auf Unimog (Abb.) 396
Spritzen 352—353
—,Abtrift, Abtropfen 447, 448, 449, 451
—,—,Tropfengröße und Wind 448, (Abb.)
—,der Blattunterseiten 462, 463

—,Brüheverluste 446, 447, 448
—,Einsatz und Bewährung 444—469
— vom Flugzeug 440—444
—,Flüssigkeitsaufwand 409, 447
—,halbmechanisches, Kosten 467
—,Kosten im Obstbau 467
—,Reihenbehandlung 446
—,Sprühen, Nebeln und Stäuben 352—485
—,—,Vergleich 410
— -Stäuben, Kombination 435
—,Technologie 352—444
—,Tröpfchengröße 352, 449
—,Tropfenverteilung auf Pflanzenpartien (Abb.) 453
—,Umstellung auf Sprühen 402
—,vollautomatisches 399
—,—,Kosten 467
—,Zerstäubungsfeinheit 368
—,zweckmäßige Tropfengröße 448
Spritzgeräte, amtliche Beurteilung 548—549
—,Aufbauprinzip 354
—,Bauelemente 354—373
—,Behälter 355
—,Blattunterseitenbehandlung 461
—,Definition 353
—,Düsen 366—369
—,Düsenrohre 369
—,erste rückentragbare 305
—,erste selbsttätige, von Holder (Abb.) 304
—,erste im Weinbau 304
—,Fahrgestelle 354
—,Gerätetypen 374—399
—,Geschichtliches 304
—,Kostenvergleich (Abb.) 467
—,Leistungsübersicht 432
—,Pumpen 360—364
—,Pumpenkolben 363, 364
—,Rohre 371, 372
—,Rührwerke 358—360
—,Schläuche 365, 366
— mit Schlepperzug in USA 399
—,tragbare 354
—,Ventile 356—358
—,Verschiebbarkeit der Düsen auf Spritzbalken (Abb.) 445
—,vollmechanische, im Obstbau (Abb.) 446, 447
Spritzgestänge, automatisch schwenkbar (Abb.) 369
—,Feldspritzen 384
Spritzkannen (Abb.) 373, 374
Spritzköpfe, Entwicklung 304
Spritzmaßnahmen im Feldbau, Flüssigkeitsmengen 455
Spritzmittelbehälter, Spritzgeräte 354
Spritzorgan, Spritz-Stäuber 433, 434
Spritzpistole 372
—,Spritzgeräte 366
Spritzprinzip, schematische Darstellung (Abb.) 353
Spritzrohre 372
—,Anordnung 369
—,Pflege 537
Spritzrohrventile 371
Spritzschläuche, Festigkeit 366
—,Normung 366
Spritzstäbe 370, 373
Spritz/Stäubegeräte, kombinierte 431—435
Spritzstrahlen, amtliche Prüfung 543
— verschiedener Düsen 544 (Abb.)
Spritztröpfchen, Verluste durch Abtrift 451
Spritztropfenbelag und Flüssigkeitsaufwand 447
Spritzverfahren 354—399
—,Abtropfen 449, 450 (Abb.)
—,Flüssigkeitsaufwand 453
—,— und Eindringvermögen (Abb.) 453
—,— — Wirkstoffablagerung 447
—,optimale Tröpfchengröße 445, 452
—,Wirtschaftlichkeit 466, 468
Sprühbeläge, Regenbeständigkeit, Bestimmung 552
Sprühdosen 401
Sprühdüse (Abb.) 402
Sprühdüsenarten (Abb.) 403
Sprühen 352—353
—,Aufwandmenge und Konzentration 457, 458
—,Berechnen des Wirkstoffaufwandes 454 ff.
—,Breitraum- (Abb.) 408
—,Durchdringung des Pflanzenbestandes 453, 454
—,Einsatz und Bewährung 444—469
—,Flüssigkeitsmengen 409
— mit Herbiziden 459, 460
—,Kosten im Obstbau 467
— -Nebeln, Kombination 435
—,Pflanzenbeschädigungen 452
—,Regulierung 402
—,Schutzvorschriften 532
— und Spritzen, Vergleich 410
— -Stäuben, Kombination 435
—,Technologie 352—444
—,Trägerluftstrom 457
—,Tröpfchengröße 352
—,Tröpfchengrößen-Regulierung 402
—,Verteilung 400
—,vollmechanisches, Kosten 467
Sprühgeräte(n), amtliche Beurteilung 548—549
—,Ausleger von Spezial- (Abb.) 410
—,Bauelemente 401—403
—,Blattunterseitenbehandlung 461
—,Definition 353
—,Düsen 402 (Abb.), 403 (Abb.)
—,Düsenformen 402
—,Gebläse 401, 402
—,—,Zerteilungswirkung 402
—,Gespanngerät 407, (Abb.) 408
— auf Karren 406, 407
—,Leistungsprüfung 545 bis 546
—,Leistungsübersicht 432
—,Luftleistung 454
—,Luftmengenbemessung beim Breitraumsprühen (Abb.) 408
— für Obstbau 459
—,Prinzip 401, (Abb.)
—,rückentragbare (Abb.) 404, 405, 406
—,Tropfengröße 402
—,Turbinenrädchen 402
—,Typen 403—410
—,VEB Fettchemie- und Fewa-Werk 403
—,Zerreißkante 402
— auf zweirädrigem Karren (Abb.) 406
Sprühköpfe, kombinierbare Geräte 435
—,Schlauchsprühgerät 406
Sprühprinzip 401, (Abb.)
Sprührohre 409
—,Ausführungsarten (Abb.) 402
— als Stäuberohre 410

Sprüh/Stäubegeräte mit Motor, rückentragbar 427
— —,kombinierte 431—435
— —/Naßstäubegerät, rückentragbares (Abb.) 435
Sprühstrahl, amtliche Prüfung 534
—,Anhängesprühgerät 408
—,Karrensprühgerät 407
Sprühtechnik, Entwicklung 399
—,Schaumnebelverfahren 403
Sprühtröpfchen, Kalottendurchmesser 400, (Abb.)
—,Kugelkalottendurchmesser 400, (Abb.)
—,Windanfälligkeit 444
Sprühverfahren 399—410
—,Entwicklung 309, 399
—,Flüssigkeitsaufwand 453
— mit Gelbspritzmitteln 459
— mit Karbolineum 459
— mit Mineralölen 459
—,Tröpfchengröße 399, 400
—,Weinbau 459
— mit Winterspritzmitteln 459
—,Wirtschaftlichkeit 468
Stangen, Imprägnierung 506
Starrflügelflugzeug(e) s. a. Flugzeug, Blattunterseitenbehandlung 463
— im Einsatz 442
—,Flächenleistung 469
—,Start-, Landebahn 468
Start- und Landefläche, Flugzeug 441
stationary-cylinder bei Beizgeräten 337
Staub aus Flugzeugen 439
—,Schutzfilter 535
Staubbalken, horizontale 423
Staubbehälter, Spritz-Stäuber 433, 434
—,Stäubegeräte 420
Staubdichte, Messung 546
Stäube, physikalische Eigenschaften 419
Stäubeaggregat, Fremdantrieb 431
Stäubeeinrichtung für Flugzeug 438 (Abb.), 439
Stäuben 352—353
Stäubegerät(e), amtliche Beurteilung 548—549
—,Anhängegeräte 430, 431
—,Aufbaugeräte 430, 431
—,bauchtragbarer (Abb.) 307
—,Bauelemente 420—424
—,Dosiervorrichtung 421
—,fahrbare, motorlose 428
— für Flugzeuge 435
—,Geschichtliches 304
—,Großstäuber, Fassungsvermögen 431
—,—,Leistung 431
—,— auf Unimog (Abb.) 430
—,handbetätigt mit Blasebalg (Abb.) 426
—,handfahrbare 308, 428
—,Leistungsprüfung 545 bis 546
—,Leistungsübersicht 432
— mit Motor, fahrbare 429, 430
— — —,gespanngezogene 429, 430
— — —,rückentragbare 427
— — —,selbstfahrbares 430
— — — an Zugmaschine 430
—,Motorfeldstäuber 429 (Abb.), 430
—,Motortragstäuber 427, (Abb.) 428
—,pferdefahrbare „Aco“ 308
—,—; motorlos 428
—,pferdefahrbarer von Vermorel 308
—,Prinzipskizze (Abb.) 420
—,Schlepperanhängegerät 429
—,tragbar 426
—,—,Fassungsvermögen 426
—,— mit Hand-Turbogebläse (Abb.) 427
—,Typen 424—431
—,Wirtschaftlichkeit 465
Stäubemittel, elektrische Aufladung 452
—,physikalische Beschaffenheit 452
—,Zusammensetzung 419
—,zweckmäßige Teilchengröße 452
—,Einsatz und Bewährung 444—469
— vom Flugzeug 435—439
— — —,venturirohrartige Verteiler 439
—,Geräteprüfung 546
—,Korngrößen 353
—,Prinzip 419, 420
—,Spritzen, Kombination 435
—,Sprühen, Kombination 435
—,Technologie 352—444
Staubentwicklung bei Beizung, Verhinderung der 329
— — Trockenbeizung 333, 335
Stäube/Spritzgeräte, kombinierte 431—435
— /Sprühgerät(e), kombinierte 431—435
—/— mit Motor, rückentragbar 427
Stäuber s. Stäubegeräte
Stäuberohre (Abb.) 423
— /Sprühröhre 410
Stäubeverfahren 418—431
Staubexplosion, Vorratsschutz 460
Staubkasten, Flugzeug-Stäubegerät 437
Staubmaske mit Filtereinsatz (Abb.) 534
Staubnaßbeize 333, 334
Staubschutz für Personal 532
Staubteilchen, elektrisches Aufladegerät für (Abb.) 452
—,physikalisches Verhalten 353
Staubverteiler 422—424
—,amtliche Prüfung 540
—,horizontale 423
—,schematisch (Abb.) 422
—,Stäubegeräte 424
Staubverteilerrohre 423
Staubverteilung mit Fischschwanzmündung, einfache (Abb.) 423
—,Messung 546
Staubzuteiler, Stäubegeräte 420
Staudruck, Flugzeug-Stäubegerät 437
—,Messung bei Geräteprüfung 546
Staudruckprinzip, Sprühgeräte 405
Stern-Ring-Querschnitt der Pralldüse 544 (Abb.)
Stichfallen für Nager 516
Stickstoff für Kleinnebelgeräte 413, 414
Stokes'sches Gesetz, Spritztropfengröße und Ablagerung 448
Strahlen, elektromagnetische und akustische 528—530
Strahler, Feldsprühgerät 409
Strahlungswärme, Frostabwehr 523

Streuen in Forstkulturen 485
— von Pflanzenschutzmitteln 485
Streugeräte 485
Streumittel 485
—,Ausbringung 485
—,Flugzeugausbringung 444
—,Teilchengrößen 485
Streuverfahren, Bedeutung 485
Streuvorrichtung am Flugzeug 438
— — —,Doppelscheibengetriebe 438
Strömungsfeld auf Pflanzenoberfläche 448
Strömungsgeschwindigkeit, Staudruckmessung 546
Sulfurator, von Platz 308
Suspensionen für Bodeninjektion 488
—,Rührwerkprüfung 550
systemische Insektizide, Tropfengröße 451

Taifun-Pulverstäuber 307
Talpa europaea s. Maulwurf
Tankwasserwagen für Flugzeugeinsatz 468
Tauchbeizgeräte 324
Tauchbeizung 323—326
—,Nachteile 326
technische Prüfung, Geräte 540
Technologie der Applikationsmethoden 352—444
Teilchengröße, zweckmäßige von Pflanzenschutzmitteln 452
Teleskop-Gelenkwelle 398
Tellereisen 516
Teller-Rührsysteme bei Karrenspritzen, schematisch (Abb.) 380
Tellerrührwerk, Karrenspritzen 380
—,Spritzgerät 359
Temperatur zur Abtötung von Schädlingen 528
— bei Bodendämpfung 311
Temperaturmessung, Imprägniergerät 507
Termiten, Bekämpfung 510
Tetrachlorkohlenstoff, Schutzfilter 535
—,Verpackung 496
T-Gas, Schutzfilter 535
Thermik, Spritztröpfchengröße 448
thermische Ultraschallgeber 529
Thermo-Geschwindigkeitsmeßgeräte 546 (Abb.)
Tipulalarven, Flüssigkeitsmengen bei Bekämpfung 455
Tisch-Kleinnebelgeräte 414
Tomaten, Frostschutz 524
Torsions-Kraftmesser 545
Traggestell für Spritzen 354
Tränkkessel 504, 505, 506
— -Schnellverschluß (Abb.) 506
Tränkverfahren für Stangen und Leitungsmaste 506
Treibgasdosen, handbetätigte 414
Treibgas-Nebeldose (Abb.) 414
Treibmittel für Kleinstnebelgeräte 414
Trichloracetonitril, Verpackung 496
Triebräder bei Spritzgeräten 355
Tritox, Absorption 497
—,Verpackung 496
Trockenbeizgeräte mit ansteigender Beiztrommel, nach Röber (Abb.) 337, (Abb.) 339
—,australische 342
—,dänisches (Abb.) 335
—,fortlaufend arbeitende 337 bis 344
—,nach Friedrichs 338
—,Füllhöhe 336
—,gekoppelte (Abb.) 336
— des „Gravity-Typs", schematisch (Abb.) 342
— nach Hoffmann und Belton 338, 343
—,kontinuierlich arbeitende 337
— und Kurznaßbeizer, kombiniert nach Baumgarten (Abb.) 336
— für Kurznaßbeizung 326
—,Prüfung 552—553
— für Schlämmbeizung 330
—,schwedischer 343, 344
—,Stundenleistung 336, 341, 344
—,Typen 337
—,Typen, unterbrochen arbeitend 335—336
—,Umdrehungszahl 333, 334
—,Vereinigung zum, nach Röber (Abb.) 341
— mit Windförderung, nach Meys (Abb.) 339
— mit Zusatzeinrichtung für Kurznaßbeizung (Abb.) 327
Trockenbeizung 333—344
—,Bedeutung 333
—,Beizdauer 335
—,Geschichtliches 303
—,Staubentwicklung 333, 334
—,unterbrochen arbeitende Geräte 335—336
—,Verhütung der Staubentwicklung (Abb.) 334
—,Vorteile 333
—,Wasserzusatz 334
Trommel, Typen bei Beizgeräten 337
Trommelhandstäuber (Abb.) 306
Tröpfchen, Lebenszeit, Temperatur und Luftfeuchte (Abb.) 449, 450
Tröpfchengröße 352, 353
—,Abtrift 451
—,Benetzungsgrad 454
—,Bestimmung 543, 544
—,Bestimmungsgerät (Abb.) 545
— und Flächenbedeckung (Abb.) 400
—,Flüssigkeitseinsparung 400
— bei Flüssigkeitsmengen je ha 454
—,hygienische Bedeutung 445, 450
—,Nebeln 413
—,optimale 445, 452
— der Pflanzenschutzmittel und Wirkung 451
—,phytotoxische Wirkung 452
—,Regenbeständigkeit 451
—,selektive Wirkung 449
—,Spritzen 447
—,Spritzen, Abtrift und Wind 448, (Abb.)
— beim Spritzen vom Flugzeug 443
— beim Sprühen, Regulierung 402
—,Sprühverfahren 399, 400
Tröpfchenspektrum beim Spritzen vom Flugzeug 443
Tröpfchenzahl und -größe (Abb.) 400
Tropfengröße s. Tröpfchengröße
Tropfenvolumen 400

Turbogebläse, Sprühgeräte 401
—, für Stäubegeräte 421, 422
Turbo-Stäubegeräte 426, 427

Überdruckventil, Schlepperspritzen 397
— für Spritzgeräte 357
Ultraschall in Luft 530
— gegen Schädlinge 529
—,Schwingungszahl 529
— in Wasser 529
Ultraschallbekämpfungsmethode 529
Ultraschallgeber, Typen 529
Ultraschallgeräte 529
Ultraviolett-Bestrahlung 344, 529
Umwerfbleche bei Feuchtbeizer 332
Unfallgefahren, Motorstäuber 427
Unfallschutz 531—535
Universalbeizapparat Jäger-Dix (Abb.) 324
Universalgeräte 431—435
Universal-Großgerät zum Sprühen, Nebeln und Stäuben (Abb.) 434
Unkrautauslesezylinder 512
Unkrautbekämpfung bei der Bundesbahn 486, 487
— durch Flammenwerfer 527 (Abb.)
Unkrautbekämpfungsmittel s. a. Herbizide 449
—,Gerätepflege 536, 537
—,Schonung der Kulturpflanzen 446
Unterflurdüngegeräte für Injektionsverfahren 489

Vakuum-Begasung 500—503
—-—,Einwirkungszeit 500
Vakuum-Begasungsanlage, große (Abb.) 504
— -kammer, Begasung 500, 501, 503
—-— mit Kreislaufsystem, Begasung 501
— -Kammeranlage mit Schnellverschlußtüren (Abb.) 502
—-— — viereckigem Querschnitt (Abb.) 502
— -Messung, Imprägniergerät 507
Vakuumpumpe, Begasung 503
— für Imprägniergerät 507
Vakuumverfahren nach Peters 502, 503
variable Kosten, Pflanzenschutzmaßnahmen 465
Ventilationsmethode, Frostabwehr 525, 526
Ventilator(en) zum Absaugen des Beizstaubes 334
—,Frostschutz 521
—,Rücken-Stäubegeräte 426
Ventilatorgerät zum Stäuben 308
Ventile, Anforderungen an 358
—,Heißnebelgeräte 417
—,Schlepperspritzen 395
—,stufenlos regulierbar 357
—,Verschleiß 536
Ventilkonstruktionen, komplizierte 357
Ventilsitze, Verschleiß 536
venturirohrartige Verteiler, Stäuben mit Flugzeug 439
Venturirohre, Geräteprüfung 546
Verbindungsrohre, Verschleiß 536
Verbindungsschläuche, Verschleiß 536
Verdampfbarkeit von Gasen 496
Verdampfung, Vakuumbegasung 502
Verdampfungskurven (Abb.) 316
Verdampfungswärme von Gasen 496
Verfahren für Spartränken 507, 508
Vergasung 491, 503
Vergasungsgeräte 491—503
—,Konstruktion 496
—,Prüfung 553
Vergilbungskrankheit der Rübe, Flugzeugeinsatz 469
Vergleichsprüfung für Geräte 539
Verlust von Wirkstoffen s. Wirkstoffverlust
Vernebeln, Frostschutz 525
Verpackung von Gasen 496
Verräuchern, Frostschutz 525
Verschäumer, Schaumnebelgerät 404
Verschleiß von Geräteteilen 536
Verschweben, Nachteile 449
verschwebende Teilchen 450
Verstäuber s. Stäubegeräte
Versuchsvorbereiter der Miag 348
Verteiler, Verschleiß 536
Verteilerköpfe, Stäubegeräte 424
Verteilungsgerüst für Schlauchspritzen 389
Vester-Aaby Beitsemaskine FNI, Trockenbeizgerät, dänisches (Abb.) 335
Vierdüsenspritzrohr (Abb.) 371
Vierkammerwaage bei Feuchtbeizer 331
Viertakt-Motor für Spritzen 386
Vögel, Fallen für 515
Vogelabwehr, akustische 519
Vogelbekämpfung, Abschuß 511
—,Geschichtliches 303
Vogelfang, Netzfallen 517
Vogelschäden, Netze gegen (Abb.) 518
Vogelscheuchen 519
Vollmanschette, Kolbenart 364
Vollmasken 534 (Abb.)
vollmechanisch-einseitig arbeitende Geräte, Mittelkonzentration 458, 459
Volumenverluste bei Flüssigkeitstropfen 450
Vorblütespritzung, Flüssigkeitsaufwand 456
Vorprüfung für Geräte 539
Vorquellen des Saatgutes 348
Vorratsschädlinge, Begasung 501
Vorratsschutz, Nebeln im 460
Vorratsschutzgeräte, Pflege 536—538
Vorwärmer für Imprägnierflüssigkeit 506
Vorwegberegnung, Frostschutz 524
Vulpes vulpes s. Fuchs

Waagen, automatische für Beizgeräte 339, 343
—,Kurznaßbeizgeräte 328
Walzen, Schädlingsbekämpfung 510
Wandertrieb, Ausnutzung zum Fang 514
Warenquarantäne, Begasung 496

Wärme, feuchte, Verwendung 526, 527
—,trockene, gegen Unkraut 526, 527
Wärmeinhalt des Dampfes 315
Warmnebel im Vorratsschutz 460
Warmwasser-Dauerbad 346
Warmwasserbad, Wasseraufnahme 348
Warmwasserbeizeinrichtungen nach Reuters (Abb.) 345
Warmwasserbeizgeräte, fortlaufend arbeitende 347
— nach Reuters (Abb.) 344
—,Stundenleistung 347
Warmwasserbeizung 344 bis 348
—,Temperatur 347, 348
Waschkessel als Erddämpfer (Abb.) 311
Wasser, siedendes zur Bodenentseuchung 309—310
Wasserdampf zur Bodenentseuchung 310—321
—,heißer, Verwendung 526, 527
Wassermenge bei Dämpfung 317
—,Reduktion beim Spritzen 309
Wassertröpfchen, Lebenszeit, Temperatur und Luftfeuchte (Abb.) 449, 450
Weg-Zapfwelle 394
Weidevieh, Fernhaltung 518
Weinbau, Brüheaufwand, Konzentration 456, 458, 459
—,Schädigung durch Herbizid-Abtrift 449
—,erste Spritzgeräte im 304
—,Sprühverfahren 459
—,Stäuben 421, 422
Weizengallmücke, Nebeln gegen 460
Wellen, hochfrequente 528
Wetterabhängigkeit, Pflanzenschutzverfahren 467
Wiesel, Falle 516
—,Kastenfalle 517
Wild, Fernhaltung 518
Wildverbiß, Schutz vor 519
Winderzeuger, Stäuben 419
— für Stäubegeräte 421
Windfege, Getreidereinigung 512
Windgeschwindigkeit, Messung bei Geräteprüfung 545
Windkessel, Gespannspritzen 383
—,Karrenspritze 379
—,Kolbenpumpen 365
—,Pflege 537
—,Rückenspritze 376
—,Spritzgeräte 354
Windkesselvolumen, Kolbenpumpen 365
Windmenge, Messung bei Geräteprüfung 546
Winterspritzmittel, Sprühverfahren 459
Winterspritzung, Flüssigkeitsaufwand 456
Wirksamkeit von Pflanzenschutzmaßnahmen 444
— der Pflanzenschutzmittel, gerätebedingte 549—553
Wirkstoffablagerung, optimale 445
Wirkstoffaufwand, Berechnung 454, 455
Wirkstofftropfen, schwebende 450
Wirkstoffverluste, Abhängigkeit von Pflanzenbestand 445, 446
Wirkstoffverteilung, Kupfergehaltsbestimmung 552
—,Prüfung 551—554
Wirtschaftlichkeit von Pflanzenschutzmaßnahmen 444, 463—469
— — —,Berechnung 463, 465
Wirtschaftlichkeitsberechnungen, Pflanzenschutz im Feldbau 465
Wirtschaftlichkeitsvergleiche von Spritz- und Sprühverfahren (Abb.) 468
Wühlmäuse, Bekämpfung 493
—,Fallen (Abb.) 515
—,Selbstschußapparate gegen 511

Zahnradpumpe 397
— für Beizflüssigkeit 328
—,Flugzeugspritzung 442
—,Spritzgeräte 363
Zangenfallen (Abb.) 515, 516
Zangenrohre (Abb.) 370
—,Spritzgeräte 370
Zapfwelle 398
—,Anhängesprühgerät 408
—,Stäubegeräte 431
—,Umdrehungszahl 431
Zapfwellenanhängerspritze (Abb.) 398
— mit Pumpenverkleidung (Abb.) 399
Zapfwellenantrieb, Spritzgeräte 354
Zapfwellenschutz (Abb.) 397, 531 (Abb.)
Zapfwellenspritzen und Düngelanzen 489
Zelt für Baumbegasung (Abb.) 493
Zentrifugalpumpe, Flugzeugspritzung 442
Zerdrücken, Bekämpfungsmaßnahme 510
Zerknallfähigkeit von Gasen 496
Zerreißventil bei Hochdruckspritzen, schematisch (Abb.) 356
— bei Spritzgeräten 356
Zerstäuber für Flugzeug-Einsatz 440
Zerstäubungsverfahren, hydraulisch-pneumatisch 353
—,hydraulische 353
Zertreten, Bekämpfungsmaßnahme 510
Zinken der Dämpfegge (Abb.) 319, 320
Zuckerrohrschädlinge, Flugzeug-Einsatz 439
Zuggabel für Anhängespritzgeräte (Abb.) 398
Zugkraftbedarf, Messung 546, 547 (Abb.), 548
— bei Pflanzenschutzgeräten 354, 355
Zugkraftkosten 466
Zugkraftmesser 548
Zugkraftmessungen, Vorkarre für (Abb.) 547, 548
Zugkraftschreiber (Abb.) 546, 547 (Abb.)
Zweitakt-Motor für Spritzen 386
Zweitakt-Vergasermotoren, Brennstoffverbrauch 387
— — —,Drehzahl 387
— — —,Leistung 387
Zyklon, Schutzfilter 535
— im Vakuumverfahren 503
Zyklondosen, Lochen von 503 (Abb.)

Zum Bezug empfehlen wir:

Phytopathologische Zeitschrift

Begründet 1930 von E. Schaffnit

Herausgegeben von Prof. Dr. Dr. h. c. E. Gäumann, Zürich,
Prof. Dr. M. Klinkowski, Aschersleben, und Prof. Dr. H. Richter, Berlin-Dahlem

Die Zeitschrift wurde begründet aus dem Bedürfnis heraus, ein internationales Sammelorgan der wichtigsten Arbeiten auf dem Gebiet der phytopathologischen Wissenschaft zu schaffen. Ihr Ziel ist es, für Wissenschaft und Praxis gleichermaßen wichtige Fragen der Phytopathologie in klarer, rein wissenschaftlicher Form zu behandeln, wobei aber die Erfordernisse der Praxis nicht aus dem Auge gelassen werden. Neben Erkrankungen der Pflanzen durch Pilze, Bakterien und Viren werden Stoffwechselkrankheiten und Schädigungen durch Witterungseinflüsse beschrieben. Die Veröffentlichungen erscheinen in deutscher, englischer, italienischer oder französischer Sprache. Die Zeitschrift ist zum unentbehrlichen Rüstzeug aller auf dem Gebiet der Phytopathologie arbeitenden Wissenschaftler und Praktiker des In- und Auslandes geworden.

Zeitschrift für angewandte Entomologie

zugleich Organ der „Deutschen Gesellschaft für angewandte Entomologie e. V."

Begründet von K. Escherich

Herausgegeben von Prof. Dr. W. Zwölfer, München

Die „Zeitschrift für angewandte Entomologie" ist die führende internationale wissenschaftliche Zeitschrift und Mittelpunkt für die Forschungen und Interessen auf ihrem Spezialgebiet. Sie wird in allen bedeutenden entomologischen und biologischen Instituten der ganzen Welt gelesen. In den Originalarbeiten tritt der weite Umfang des Gebietes der angewandten Entomologie in Erscheinung, nämlich die Erforschung aller wirtschaftlich schädlichen und Krankheit erregenden und übertragenden Kerbtiere und ihre Bekämpfungsmöglichkeiten chemischer, technischer und biologischer Art, ferner die Erforschung der Biologie von direkt nützlichen Kerbtieren, wie Bienen, Seidenraupen usw. und der Möglichkeit der Förderung ihrer Zucht.

Anzeiger für Schädlingskunde

vereinigt mit „Schädlingsbekämpfung"

zugleich Nachrichtenblatt der „Deutschen Gesellschaft für angewandte Entomologie e. V."

Begründet von K. Escherich und F. Stellwaag

Schriftleitung: Prof. Dr. Dipl.-Ing. E. Schimitschek, Hann. Münden

Der „Anzeiger für Schädlingskunde" bietet den beteiligten Berufskreisen eine umfassende Orientierung über das Gesamtgebiet der Bekämpfung tierischer Schädlinge. Die Zeitschrift hat es sich zur Aufgabe gemacht, alle Probleme einer wirksamen Bekämpfung der Schädlinge sowie die Kenntnisse über die Arten und Lebensweisen und die Methoden ihrer Bekämpfung interessant und anregend in Originalarbeiten und Berichten deutscher und ausländischer Forscher darzustellen. Dabei wird besonderer Wert auf instruktive und sorgfältige Illustrierung aller Beiträge gelegt.

VERLAG PAUL PAREY • BERLIN UND HAMBURG